

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP2005/020663

International filing date: 04 November 2005 (04.11.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2004-322995
Filing date: 05 November 2004 (05.11.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 13 December 2005 (13.12.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2004年11月 5日

出願番号 Application Number: 特願2004-322995

パリ条約による外国への出願に用いる優先権の主張の基礎となる出願の国コードと出願番号

The country code and number of your priority application, to be used for filing abroad under the Paris Convention, is

出願人 Applicant(s): 株式会社半導体エネルギー研究所

2005年11月23日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

中嶋誠記

【書類名】 特許願
【整理番号】 P008298
【提出日】 平成16年11月 5日
【あて先】 特許庁長官 殿
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
【氏名】 熊木 大介
【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半導体エネルギー研究所内
【氏名】 瀬尾 哲史
【特許出願人】
【識別番号】 000153878
【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所
【代表者】 山崎 舜平
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 002543
【納付金額】 16,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【書類名】特許請求の範囲

【請求項 1】

対向するように設けられた第1の電極と第2の電極との間に、
第1の層と、第2の層と、第3の層と、
を有し、
前記第1の層は正孔を発生し、
前記第2の層は電子を発生し、
前記第3の層は発光物質を含み、
前記第1の層と前記第2の層と前記第3の層とは順に積層され、
前記第1の層は、前記第1の電極と接し、
前記第3の層は、前記第2の電極と接し、
前記第1の電極の電位よりも前記第2の電極の電位の方が高くなるように電圧を印加したときに、前記第2の層で発生した電子が前記第3の層へ注入されるように、前記第2の層と前記第3の層とが接合されている
ことを特徴とする発光素子。

【請求項 2】

対向するように設けられた第1の電極と第2の電極との間に、
第1の層と、第2の層と、第3の層と、
を有し、
前記第1の層は正孔を発生し、
前記第2の層は電子を発生し、
前記第3の層は発光物質を含み、
前記第1の層は、前記第2の層よりも前記第1の電極側に設けられ、
前記第3の層は、前記第2の層よりも前記第2の電極側に設けられ、
前記第1の電極の電位よりも前記第2の電極の電位の方が高くなるように電圧を印加したときに、前記第2の層で発生した電子が前記第3の層へ注入されるように、前記第2の層と前記第3の層とが接合されている
ことを特徴とする発光素子。

【請求項 3】

対向するように設けられた第1の電極と第2の電極との間に、
第1の層と、第2の層と、第3の層と、
を有し、
前記第1の層は、芳香族アミン化合物と、前記芳香族アミン化合物に対して電子受容性を示す第1の物質とを含み、
前記第2の層は、正孔よりも電子の輸送性が高い第2の物質と、前記第2の物質に対して電子供与性を示す第3の物質とを含み、
前記第3の層は、発光物質を含み、
前記第1の層と前記第2の層と前記第3の層とは順に積層され、
前記第1の層は、前記第1の電極と接し、
前記第3の層は、前記第2の電極と接し、
前記第1の電極の電位よりも前記第2の電極の電位の方が高くなるように電圧を印加したときに、前記第2の層で発生した電子が前記第3の層へ注入されるように、前記第2の層と前記第3の層とが接合されている
ことを特徴とする発光素子。

【請求項 4】

対向するように設けられた第1の電極と第2の電極との間に、
第1の層と、第2の層と、第3の層と、
を有し、
前記第1の層は、芳香族アミン化合物と、前記芳香族アミン化合物に対して電子受容性を示す第1の物質とを含み、

前記第2の層は、正孔よりも電子の輸送性が高い第2の物質と、前記第2の物質に対して電子供与性を示す第3の物質とを含み、

前記第3の層は、発光物質を含み、

前記第1の層は、前記第2の層よりも前記第1の電極側に設けられ、

前記第3の層は、前記第2の層よりも前記第2の電極側に設けられ、

前記第1の電極の電位よりも前記第2の電極の電位の方が高くなるように電圧を印加したときに、前記第2の層で発生した電子が前記第3の層へ注入されるように、前記第2の層と前記第3の層とが接合されている

ことを特徴とする発光素子。

【請求項5】

請求項3または請求項4に記載の発光素子において、前記第1の物質は、前記芳香族アミン化合物に対し、0.5～2のモル比の値となるように含まれていることを特徴とする発光素子。

【請求項6】

請求項3乃至請求項5のいずれか一項に記載の発光素子において、前記第3の物質は、アルカリ金属酸化物及びアルカリ土類金属酸化物の中から選ばれる一の物質であることを特徴とする発光素子。

【請求項7】

対向するように設けられた第1の電極と第2の電極との間に、

第1の層と、第2の層と、第3の層と、

を有し、

前記第1の電極は、50%～100%の反射率を有する導電物から成り、

前記第2の電極は、可視光を透過できる導電物から成り、

前記第1の層は、芳香族アミン化合物と、前記芳香族アミン化合物に対して電子受容性を示す第1の物質とを含み、

前記第2の層は、正孔よりも電子の輸送性が高い第2の物質と、前記第2の物質に対して電子供与性を示す第3の物質とを含み、

前記第3の層は、発光層を含みx層（xは任意の正の整数）から成る層であり、

前記第1の層と前記第2の層と前記第3の層とは順に積層され、

前記第1の層は、前記第1の電極と接し、

前記第3の層における第1層目の層は、前記第2の層と接し、

前記第3の層における第x層目の層は、前記第2の電極と接し、

前記発光層と前記第2の層との間には、y層（y≤x、yは正の整数）の層を有し、

前記第1の電極の電位よりも前記第2の電極の電位の方が高くなるように電圧を印加したときに、前記第2の層で発生した電子が前記第1層目の層へ注入されるように、前記第2の層と前記第1層目の層とは接合され、

前記第1の層の膜厚と前記第2の層の膜厚は、数式(1)、数式(2)、数式(3)を満たすように調節されている

ことを特徴とする発光素子。

【数式1】

$$n_i d_i + n_{ii} d_{ii} + \sum_{k=1}^y n_k d_k + n_j d_j = \frac{(2m-1)\lambda}{4} \quad \dots (1)$$

$$0 \leq d_j \leq d_{emi} \quad \dots (2)$$

$$d_i \geq d_{ii} \quad \dots (3)$$

(数式(1)、数式(2)、数式(3)において、 n_i は第1の層の屈折率、 d_i は第1

の層の膜厚、 n_{ij} は第2の層の屈折率、 d_{ij} は第2の層の膜厚、 n_k は発光層と第2の層との間に含まれる層の中の第k番目の層の屈折率、 d_k は発光層と第2の層との間に含まれる層の中の第k番目の層の膜厚、 n_j は発光層の屈折率、 d_j は発光層における第1の電極側の膜面から発光領域までの距離、 λ は発光素子からの発光の波長、mは任意の正の整数、 d_{emi} は発光層の膜厚を表す。)

【請求項8】

請求項1乃至請求項7のいずれか一項に記載の発光素子を画素部に含むことを特徴とする発光装置。

【請求項9】

請求項8に記載の発光装置を表示部として用いていることを特徴とする電子機器。

【書類名】明細書

【発明の名称】発光素子およびそれを用いた発光装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、一対の電極間に発光物質を含む層を有する発光素子に関し、特に発光素子の層構造に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、ディスプレイ等に利用されている発光素子の多くは、一対の電極間に発光物質を含む層が挟まれた構造を有する。このような発光素子では、一方の電極から注入された電子と他方の電極から注入された正孔とが再結合することによって形成された励起子が、基底状態に戻るときに発光する。

【0003】

このような発光素子の多くは、発光時間が蓄積するに伴って、駆動電圧が増加するという問題を抱えている。

【0004】

このような問題を解決する技術の一例として、例えば特許文献1では、或特定の構造を有する化合物を適用した有機EL素子とすることで、素子の駆動時の駆動電圧の上昇等を抑えた有機EL素子について開示している。

【0005】

【特許文献1】WO 98/30071号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、発光時間の蓄積に伴った駆動電圧の増加の少ない発光素子を提供することを課題とする。また、本発明は、膜厚の増加に伴った抵抗値の増加の少ない発光素子を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の発光素子の一は、対向するように設けられた第1の電極と第2の電極との間に、第1の層と、第2の層と、第3の層とを有する。第1の層と第2の層と第3の層とは、第2の層を間に挟むように順に積層されており、第1の層は第1の電極に接し、第3の層は第2の電極に接する。第1の層は正孔を発生する層であり、第2の層は電子を発生する層である。また、第3の層は、発光物質を含む層である。そして、第1の電極の電位よりも第2の電極の電位が高くなるように電圧を印加したときに、第2の層で発生した電子が第3の層へ注入されるように、第2の層と第3の層とは接合されている。

【0008】

本発明の発光素子の一は、対向するように設けられた第1の電極と第2の電極との間に、第1の層と、第2の層と、第3の層とを有する。第1の層と第2の層と第3の層とは、第2の層を間に挟むように順に積層されており、第1の層は第1の電極に接し、第3の層は第2の電極に接する。第1の層は芳香族アミン化合物と、その物質に対して電子受容性を示す物質とを含む層である。また、第2の層は正孔よりも電子の輸送性が高い物質と、その物質に対して電子供与性を示す物質とを含む層である。また、第3の層は、発光物質を含む層である。そして、第1の電極の電位よりも第2の電極の電位が高くなるように電圧を印加したときに、第2の層で発生した電子が第3の層へ注入されるように、第2の層と第3の層とは接合されている。

【0009】

本発明の発光素子の一は、対向するように設けられた第1の電極と第2の電極との間に、第1の層と、第2の層と、第3の層とを有する。第1の層は第2の層よりも第1の電極側に設けられ、第3の層は第2の層よりも第2の電極側に設けられている。第1の層は正

孔を発生する層であり、第2の層は電子を発生する層である。また、第3の層は、発光物質を含む層である。そして、第1の電極の電位よりも第2の電極の電位が高くなるように電圧を印加したときに、第2の層で発生した電子が第3の層へ注入されるように、第2の層と第3の層とは接合されている。

【0010】

本発明の発光素子の一は、対向するように設けられた第1の電極と第2の電極との間に、第1の層と、第2の層と、第3の層とを有する。第1の層は第2の層よりも第1の電極側に設けられ、第3の層は第2の層よりも第2の電極側に設けられている。第1の層は芳香族アミン化合物と、その化合物に対して電子受容性を示す物質とを含む層である。また、第2の層は正孔よりも電子の輸送性が高い物質と、その物質に対して電子供与性を示す物質とを含む層である。また、第3の層は、発光物質を含む層である。そして、第1の電極の電位よりも第2の電極の電位が高くなるように電圧を印加したときに、第2の層で発生した電子が第3の層へ注入されるように、第2の層と第3の層とは接合されている。

【0011】

本発明の発光素子の一は、対向するように設けられた第1の電極と第2の電極との間に第1の層と、第2の層と、第3の層とを有する。第1の層と第2の層と第3の層とは、第2の層を間に挟むように順に積層されている。第1の層は芳香族アミン化合物と、その物質に対して電子受容性を示す物質とを含む層である。また、第2の層は正孔よりも電子の輸送性が高い物質と、その物質に対して電子供与性を示す物質とを含む層である。また、第3の層は、発光層を含み、 x 層（ x は任意の正の整数）からなる層である。第3の層に含まれる層の中で、第1層目の層は、第2の層と接し、第 x 層目の層は第2の電極と接する。ここで、第1の電極は、反射率の高い導電物から成る。第3の層のうち、発光層と第2の層との間には、 y 層（ $y \leq x$ 、 y は正の整数）の層を有する。また、第1の電極の電位よりも第2の電極の電位が高くなるように電圧を印加したときに、第2の層で発生した電子が第1番目の層へ注入されるように、第2の層と第1層目の層とは接合されている。そして、第1の層と第2の層とは、数式（1）、（2）、（3）を満たすように膜厚を調節されていることを特徴とする。

【0012】

【数01】

$$n_i d_i + n_{ii} d_{ii} + \sum_{k=1}^y n_k d_k + n_j d_j = \frac{(2m-1)\lambda}{4} \quad \dots (1)$$

$$0 \leq d_j \leq d_{emi} \quad \dots (2)$$

$$d_i \geq d_{ii} \quad \dots (3)$$

【0013】

数式（1）、（2）、（3）において、 n_i は第1の層の屈折率、 d_i は第1の層の膜厚、 n_{ii} は第2の層の屈折率、 d_{ii} は第2の層の膜厚、 n_k は発光層と第2の層との間に含まれる層の中の第 k 番目の層の屈折率、 d_k は発光層と第2の層との間に含まれる層の中の第 k 番目の層の膜厚、 n_j は発光層の屈折率、 d_j は発光層における第1の電極側の膜面から発光領域までの距離、 λ は発光素子からの発光の波長、 m は任意の正の整数を表す。 d_{emi} は発光層の膜厚である。

【発明の効果】

【0014】

本発明によって、発光時間の蓄積に伴った駆動電圧の増加が少なく、信頼性の高い発光素子が得られる。

【0015】

また、本発明によって、正孔を発生する層の膜厚に依存した、抵抗値の増加が少ない発光素子が得られる。その結果、電極間の距離を容易に変えられる発光素子が得られる。そして、電極間の距離を長くすることによって、電極間の短絡を防ぐことができる。また、電極間の距離を調節することで、発光の取り出し効率が最大となるように、光学距離を調節することが容易となる。また、電極間の距離を調節することで、採光面を見る角度に依存した発光スペクトルの変化が少なくなるように、光学距離を調節することが容易となる。

【0016】

また、本発明によって得られた発光素子を、発光装置に適用することによって、長時間の使用に耐える信頼性のよい発光装置を得ることができる。また、本発明によって得られた発光素子を、表示機能を有する発光装置に適用することによって、発光を効率よく外部に取り出すことができ、また光面を見る角度に依存した発光スペクトルの変化が少ない良好な画像を表示できる発光装置を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明の一態様について説明する。但し、本発明は多くの異なる態様で実施することが可能であり、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0018】

(実施の形態1)

本発明の一態様について図1の発光素子の断面図を用いて説明する。

【0019】

第1の電極301と第2の電極302との間に第1の層311と第2の層312と第3の層313とを有する。第1の層311と第2の層312と第3の層313とは、順に積層している。そして、第1の層311は第1の電極301と接し、第3の層313は第2の電極302と接する。

【0020】

また、本形態の発光素子は、次の様に動作する。先ず、第1の電極301よりも第2の電極302の電位の方が高くなるように電圧を印加すると、第1の層311から第1の電極301へは正孔が注入され、第2の層312から第3の層313へは、電子が注入される。また、第2の電極302から第3の層313へは正孔が注入される。第2の電極302から注入された正孔と、第2の層312から注入された電子とは、第3の層313において再結合し、発光物質を励起状態にする。そして、励起状態の発光物質は基底状態に戻るときに発光する。

【0021】

以下、各層、電極等について具体的に説明する。

【0022】

第1の層311は、正孔を発生する層である。正孔を発生する層としては、例えは、芳香族アミン化合物と、その化合物に対して電子受容性を示す物質とを含む層を用いることが好ましい。ここで、芳香族アミン化合物とは、アリールアミン骨格を有する物質である。芳香族アミン化合物の中でも特に、トリフェニルアミンを骨格に含み、400以上の分子量を有するものが好ましい。また、トリフェニルアミンを骨格に有する芳香族アミン化合物の中でも特にナフチル基のような縮合芳香環を骨格に含むものが好ましい。トリフェニルアミンと縮合芳香環とを骨格に含む芳香族アミン化合物を用いることによって、発光素子の耐熱性が良くなる。芳香族アミン化合物の具体例としては、例えは、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:α-NPD)、4,4'-ビス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:TPD)、4,4',4'''-トリス(N,N-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン(略称:TDATA)、4,4',4'''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-

フェニルアミノ】トリフェニルアミン（略称：M T D A T A）、4，4'，-ビス【N-{4-(N,N-ジ-m-トリルアミノ)フェニル}-N-フェニルアミノ】ビフェニル（略称：D N T P D）、1，3，5-トリス【N,N-ジ(m-トリル)アミノ】ベンゼン（略称：m-M T D A B）、4，4'，4'，-トリス(N-カルバゾリル)トリフェニルアミン（略称：T C T A）、2，3-ビス(4-ジフェニルアミノフェニル)キノキサリン（略称：T P A Q n）、2，2'，3，3'，-テトラキス(4-ジフェニルアミノフェニル)-6，6'，-ビスキノキサリン（略称：D-T r i P h A Q n）、2，3-ビス{4-[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]フェニル}ジベンゾ【f,h】キノキサリン（略称：N P A D i B z Q n）等が挙げられる。また、芳香族アミン化合物に対して電子受容性を示す物質について特に限定はなく、例えば、モリブデン酸化物、バナジウム酸化物、7，7，8，8-テトラシアノキノジメタン（略称：T C N Q）、2，3，5，6-テトラフルオロー-7，7，8，8-テトラシアノキノジメタン（略称：F 4-T C N Q）等を用いることができる。ここで、芳香族アミン化合物に対して電子受容性を示す物質は、芳香族アミン化合物に対して、モル比の値が0.5~2（=芳香族アミン化合物に対して電子受容性を示す物質/芳香族アミン化合物）と成るように含まれていることが好ましい。

【0023】

第2の層312は、電子を発生する層である。このような層としては、例えば、電子輸送性物質と、その物質に対して電子供与性を示す物質とを含む層が挙げられる。ここで、電子輸送性物質とは、正孔よりも電子の輸送性が高い物質である。電子輸送性物質について特に限定はなく、例えば、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム（略称：A l q₃）、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム（略称：A l m q₃）、ビス(1,0-ヒドロキシベンゾ【h】-キノリナト)ベリリウム（略称：B e B a₂）、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)-4-フェニルフェノラト-アルミニウム（略称：B A l q）、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ベンゾオキサゾラト]亜鉛（略称：Z n(B O X)₂）、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ベンゾチアゾラト]亜鉛（略称：Z n(B T Z)₂）等の金属錯体の他、2-(4-ビフェニリル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール（略称：P B D）、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン（略称：O X D-7）、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-フェニル-5-(4-ビフェニリル)-1,2,4-トリアゾール（略称：T A Z）、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-(4-エチルフェニル)-5-(4-ビフェニリル)-1,2,4-トリアゾール（略称：p-E t T A Z）、バソフェナントロリン（略称：B P h e n）、バソキュプロイン（略称：B C P）等を用いることができる。また、電子輸送性物質に対して電子供与性を示す物質について特に限定はなく、例えば、リチウム、セシウム等のアルカリ金属、マグネシウム、カルシウム等のアルカリ土類金属、エルビウム、イッテルビウム等の希土類金属等を用いることができる。また、リチウム酸化物(L i₂O)、カルシウム酸化物(C a O)、ナトリウム酸化物(N a₂O)、カリウム酸化物(K₂O)、マグネシウム酸化物(M g O)等、アルカリ金属酸化物およびアルカリ土類金属酸化物の中から選ばれた物質を、電子輸送性物質に対して電子供与性を示す物質として用いても構わない。なお、アルカリ金属酸化物、アルカリ土類金属酸化物等は、反応性が低く、取り扱いが容易である。ここで、電子輸送性物質に対して電子供与性を示す物質は、電子輸送性物質に対して、モル比の値が0.5~2（=電子輸送性物質に対して電子供与性を示す物質/電子輸送性物質）と成るように含まれていることが好ましい。また、第2の層312は、酸化亜鉛、硫化亜鉛、セレン化亜鉛、酸化スズ、酸化チタンのようなn型の半導体から成る層であってもよい。

【0024】

第3の層313は、発光層を含む層である。第3の層313の層構造について特に限定はなく、単層でも多層でも構わない。例えば、図1に示すように、第3の層313は、発光層322の他、電子輸送層321、正孔輸送層323、正孔注入層324を含んでいて

もよいし、或いは発光層のみから成る単層であってもよい。

【0025】

発光層322は発光物質を含む層である。ここで、発光物質とは、発光効率が良好で、所望の発光波長の発光をし得る物質である。第3の層313について特に限定はないが、発光物質が、発光物質の有するエネルギーギャップよりも大きいエネルギーギャップを有する物質からなる層中に、分散して含まれた層であることが好ましい。これによって、発光物質からの発光が、濃度に起因して消光してしまうことを防ぐことができる。なお、エネルギーギャップとはLUMO準位とHOMO準位との間のエネルギーギャップを言う。

【0026】

発光物質について特に限定はなく、発光効率が良好で、所望の発光波長の発光をし得る物質を用いればよい。例えは、赤色系の発光を得たいときには、4-ジシアノメチレン-2-イソプロピル-6-[2-(1,1,7,7-テトラメチルジュロリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン(略称:DCJTI)、4-ジシアノメチレン-2-メチル-6-[2-(1,1,7,7-テトラメチルジュロリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン(略称:DCJT)、4-ジシアノメチレン-2-tert-ブチル-6-[2-(1,1,7,7-テトラメチルジュロリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン(略称:DCJTB)やペリフランテン、2,5-ジシアノ-1,4-ビス[2-(10-メトキシ-1,1,7,7-テトラメチルジュロリジン-9-イル)エテニル]ベンゼン等、600nmから680nmに発光スペクトルのピークを有する発光を呈する物質を用いることができる。また緑色系の発光を得たいときは、N,N'-ジメチルキナクリドン(略称:DMQd)、クマリン6やクマリン545T、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(略称:Alq₃)等、500nmから550nmに発光スペクトルのピークを有する発光を呈する物質を用いることができる。また、青色系の発光を得たいときは、9,10-ビス(2-ナフチル)-tert-ブチルアントラセン(略称:t-BuDNA)、9,9'-ビアントリル、9,10-ジフェニルアントラセン(略称:DPA)、9,10-ビス(2-ナフチル)アントラセン(略称:DNA)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)-4-フェニルフェノラトガリウム(略称:BGAq)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)-4-フェニルフェノラトアルミニウム(略称:BA1q)等、420nmから500nmに発光スペクトルのピークを有する発光を呈する物質を用いることができる。以上のように、蛍光を発光する物質の他、ビス[2-(3,5-ビス(トリフルオロメチル)フェニル)ピリジナト-N,C^{2'}]イリジウム(III)ピコリナート(略称:Ir(CF₃ppy)₂(pic))、ビス[2-(4,6-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}]イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称:FIr(acac))、ビス[2-(4,6-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}]イリジウム(III)ピコリナート(FIr(pic))、トリス(2-フェニルピリジナト-N,C^{2'})イリジウム(略称:Ir(ppy)₃)等の輝光を発光する物質も発光物質として用いることができる。

【0027】

また、発光物質を分散状態にするために用いる物質について特に限定はなく、例えは、9,10-ジ(2-ナフチル)-2-tert-ブチルアントラセン(略称:t-BuDNA)等のアントラセン誘導体、または4,4'-ビス(N-カルバゾリル)ビフェニル(略称:CBP)等のカルバゾール誘導体の他、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ピリジナト]亜鉛(略称:Znpp₂)、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ベンゾオキサゾラト]亜鉛(略称:ZnBOX)等の金属錯体等を用いることができる。

【0028】

以上のような、発光素子において、第2の層312に含まれる電子輸送性物質の電子親和力と、第3の層313に含まれる層のうち第2の層312と接する層に含まれる物質の電子親和力との差は、好ましくは2eV以下、より好ましくは1.5eV以下である。また、第2の層312がn型の半導体から成るとき、n型の半導体の仕事関数と、第3の層313に含まれる層のうち第2の層312と接する層に含まれる物質の電子親和力との差

は、好ましくは2 eV以下、より好ましくは1.5 eV以下である。

【0029】

なお、第3の層313に含まれる層のうち第2の層312と接する層とは、第3の層313が本形態のような層構造を有するときは電子輸送層321がこれに該当する。そして、第3の層313が発光層のみから成るとき、または、電子輸送層321等を有しないときは発光層がこれに該当する。発光層が第2の層312と接する場合において、第3の層313に含まれる層のうち第2の層312と接する層に含まれる物質とは、発光物質を分散状態とするための物質、または発光物質そのものである。これは、Al₂O₃等のように特に分散状態としなくても発光することができ、且つキャリアの輸送性の良い発光物質では、分散状態とすることなくAl₂O₃のみから成る層そのものを発光層として機能させることができるのである。このように、第3の層313が第2の層312と第3の層313とを接合することによって、第2の層312から第3の層313への電子の注入が容易になる。

【0030】

ここで、第1の電極301と第2の電極302とは、いずれか一若しくは両方が可視光を透過でき、導電性を有する物質で形成されていることが好ましい。これによって、第1の電極301と第2の電極302の少なくとも一方の電極を介して発光を外部に取り出すことができる。

【0031】

第1の電極301について特に限定ではなく、アルミニウムの他、インジウム錫酸化物(ITO)、または酸化珪素を含むインジウム錫酸化物、2~20%の酸化亜鉛を含む酸化インジウムの他、金(Au)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、タンゲステン(W)、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、銅(Cu)、パラジウム(Pd)等を用いることができる。

【0032】

また、第2の電極302についても特に限定はないが、本形態の発光素子のように第3の層313へ正孔を注入する機能を担うときは、仕事関数の大きい物質で形成されていることが好ましい。具体的には、インジウム錫酸化物(ITO)、または酸化珪素を含むインジウム錫酸化物、2~20%の酸化亜鉛を含む酸化インジウムの他、金(Au)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、タンゲステン(W)、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、銅(Cu)、パラジウム(Pd)等を用いることができる。なお、第2の電極302は、例えはスパッタリング法や蒸着法等を用いて形成することができる。

【0033】

なお、前述のように、本形態では、第2の層312と発光層322との間に電子輸送層321を有する。ここで、電子輸送層321とは、注入された電子を発光層322へ輸送する機能を有する層である。このように、電子輸送層321を設け、第1の電極301および金属が含まれた第2の層312と、発光層322とを離すことによって、発光が金属に起因して消光することを防ぐことができる。

【0034】

電子輸送層321について特に限定ではなく、電子輸送性物質を用いて形成することができる。電子輸送性物質としては、Al₂O₃、Al₂Mg₃、BeB₂、BA₁O、Zn(BOX)₂、Zn(BTZ)₂、PBD、OXD-7、TAZ、p-EtTAZ、BPheN、BCP等が挙げられる。また、電子輸送性物質の中でも特に、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する電子輸送性物質を用いて電子輸送層321を形成することができるのである。これによって、発光素子の駆動電圧を下げることができる。また、電子輸送層321は、以上に述べた物質から成る層を二以上組み合わせて形成した多層構造の層であってもよい。

【0035】

また、本形態では、第2の電極302と発光層322との間には、図1に示すように、

正孔輸送層323を有する。ここで、正孔輸送層323とは、第2の電極302から注入された正孔を発光層322へ輸送する機能を有する層である。このように、正孔輸送層323を設け、第2の電極302と発光層322とを離すことによって、発光が金属に起因して消光することを防ぐことができる。

【0036】

正孔輸送層323について、特に限定はなく、正孔輸送性物質を用いて形成することができる。ここで正孔輸送性物質とは電子よりも正孔の移動度が高い物質である。正孔輸送性物質としては、TPD、T DATA、MT DATA、DNTPD、m-MTDAB、CTA、フタロシアニン（略称：H₂Pc）、銅フタロシアニン（略称：CuPc）、バナジルフタロシアニン（略称：VOPc）等が挙げられる。また、正孔輸送性物質の中でも特に、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する正孔輸送性物質を用いて正孔輸送層323を形成することがより好ましい。これによって、発光素子の駆動電圧を下げることができる。また、正孔輸送層323は、以上に述べた物質から成る層を二以上組み合わせて形成した多層構造の層であってもよい。

【0037】

さらに、第2の電極302と正孔輸送層323との間には、図1に示すように、正孔注入層324を有していてもよい。ここで、正孔注入層324とは、第2の電極302から正孔輸送層323へ正孔の注入を補助する機能を有する層である。

【0038】

正孔注入層324について特に限定はなく、モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タンゲステン酸化物、マンガン酸化物等の金属酸化物によって形成されたものを用いることができる。この他、上述したH₂Pc、CuPc、VOPc等のフタロシアニン系の化合物、DNTPD等の芳香族アミン系の化合物、或いはポリ（エチレンジオキシチオフェン）／ポリ（スチレンスルホン酸）混合物（PEDOT/PSS）等の高分子によっても正孔注入層324を形成することができる。また、芳香族アミン化合物および正孔輸送性物質の中から選ばれる少なくとも一以上の物質と、その物質に対して電子受容性を示す物質とを混合させて、正孔注入層324を形成してもよい。

【0039】

以上に述べた本発明の発光素子は、発光時間の蓄積に伴った駆動電圧の増加が少なく、信頼性の高い素子である。なお、ここでは、任意の輝度を得るために印加する電圧を駆動電圧という。

【0040】

また、本発明の発光素子は、正孔を発生する層（第1の層311）の膜厚に依存した、任意の電流を流すために印加する電圧の変化が少ない。その為、例えば、第1の層311の膜厚を厚くし、電極間の距離を長くすることによって、第1の電極301と第2の電極302との短絡を防ぐことが容易である。

【0041】

（実施の形態2）

本形態では、正孔を発生する層の膜厚を調節することによって、発光の外部取り出し効率が高く、また採光面を見る角度に依存した発光スペクトルの変化が少なくなるように反射面から採光面までの光学距離を調節した発光素子の態様について図24を用いて説明する。

【0042】

図24の発光素子は、第1の電極201と第2の電極202との間に、正孔を発生する第1の層211と、電子を発生する第2の層212と、発光物質を含む第3の層213とを有する。第1の層211と第2の層212と第3の層213とは、第2の層212を間に挟むように順に積層し、第1の層211は第1の電極と接し、第3の層213は第2の電極202と接する。

【0043】

ここで、第1の電極201は、反射率の高い導電物から成る電極、所謂反射電極である

。反射率の高い導電物としては、アルミニウム、銀の他、これら金属の合金（A 1 : L i 合金、M g : A g 合金など）等も用いることができる。また、反射率は、5 0 %～1 0 0 %が好ましい。また、第2の電極2 0 2は、可視光を透過できる導電物から成る電極である。可視光を透過できる導電物について特に限定はなく、インジウム錫酸化物の他、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物、2～2 0 %の酸化亜鉛を含む酸化インジウム等を用いることができる。

【0 0 4 4】

第1の電極2 0 1の電位よりも第2の電極2 0 2の電位の方が高くなるように電圧を印加したとき、第1の層2 1 1から第1の電極2 0 1へは正孔が注入され、第2の層2 1 2から第3の層2 1 3へは電子が注入される。また第2の電極2 0 2から第3の層2 1 3へは正孔が注入される。

【0 0 4 5】

第3の層2 1 3において電子と正孔とは再結合し、これによって発光物質が励起状態となる。そして、励起状態になった発光物質が基底状態に戻るときに発光する。このようにして発光が生じる領域を特に発光領域という。そして、発光領域が形成されるように、発光物質を含んだ層を発光層という。なお、発光領域は、発光層の少なくとも一部において形成される。

【0 0 4 6】

本形態の発光素子において、第3の層2 1 3は、発光層2 2 2の他、電子輸送層2 2 1、正孔輸送層2 2 3、正孔注入層2 2 4とを含む。但し、第3の層2 1 3の層構造は、図2 4に示したものに限定されるものではなく、例えは発光層のみから成る単層構造のものであってもよい。

【0 0 4 7】

また、第1の層2 1 1、第2の層2 1 2、第3の層2 1 3は、それぞれ、第1の層3 1 1、第2の層3 1 2、第3の層3 1 3と同様の物質を用いて形成すればよい。また、電子輸送層2 2 1、発光層2 2 2、正孔輸送層2 2 3、正孔注入層2 2 4についても、それぞれ、実施の形態1に記載の電子輸送層3 2 1、発光層3 2 2、正孔輸送層3 2 3、正孔注入層3 2 4と同様の物質を用いて形成すればよい。

【0 0 4 8】

反射電極に光が入射した場合、反射光には位相の反転が生じる。これによって生じる光の干渉効果により、発光領域と反射電極との光学距離（即ち、屈折率×距離）が、発光波長の $(2m - 1)/4$ 倍（mは任意の正の整数）、即ち、 $m = 1/4, 3/4, 5/4, \dots$ 倍の時には発光の外部取り出し効率が高くなり、 $m/2$ 倍（mは任意の正の整数）即ち、 $m = 1/2, 1, 3/2, \dots$ 倍の時には発光の外部取り出し効率が低くなる。

【0 0 4 9】

したがって、本形態の発光素子において、発光領域が発光層2 2 2と正孔輸送層2 2 3との界面近傍である場合は、下記式（4）を満たすように第1の層2 1 1、第2の層2 1 2、電子輸送層2 2 1、発光層2 2 2の各膜厚を調節することが好ましい。これによって、発光を効率よく外部に取り出すことができる。また、 d_i 、 d_{ii} の膜厚増加に伴う抵抗値の増加を低く抑えることができる。ここで、抵抗値とは、印加した電圧値（V）を、印加した電圧に応じて発光素子に流れる電流（mA）で割ることによって得られる値である。

【0 0 5 0】

【数0 2】

$$n_i d_i + n_{ii} d_{ii} + n_1 d_1 + n_p d_p = \frac{(2m-1)\lambda}{4} \dots (4)$$

【0 0 5 1】

式（4）において、 n_i は第1の層2 1 1の屈折率、 d_i は第1の層2 1 1の膜厚、 n_{ii} は第2の層2 1 2の屈折率、 d_{ii} は第2の層2 1 2の膜厚、 n_1 は電子輸送層2 2 1の

屈折率、 d_1 は電子輸送層221の膜厚、 n_p は発光層222の屈折率、 d_p は発光層222の膜厚、 λ は発光素子からの発光の波長、mは任意の正の整数を表す。

【0052】

一方、本形態の発光素子において、発光領域が発光層222と電子輸送層221との界面近傍である場合は、数式(5)を満たすように第1の層211、第2の層212、電子輸送層221の各膜厚を調節することが好ましい。これによって、発光を効率よく外部に取り出すことができる。また、 d_i 、 d_{ii} の膜厚増加に伴う抵抗値の増加を低く抑えることができる。

【0053】

【数03】

$$n_i d_i + n_{ii} d_{ii} + n_1 d_1 = \frac{(2m-1)\lambda}{4} \dots (5)$$

【0054】

数式(5)において、 n_i は第1の層211の屈折率、 d_i は第1の層211の膜厚、 n_{ii} は第2の層212の屈折率、 d_{ii} は第2の層212の膜厚、 n_1 は電子輸送層221の屈折率、 d_1 は電子輸送層221の膜厚、 λ は発光素子からの発光の波長、mは任意の正の整数を表す。

【0055】

また、本形態の発光素子において、発光層222の全域に渡り発光領域が形成される場合は、数式(6)を満たすように第1の層211、第2の層212、電子輸送層221の各膜厚を調節することが好ましい。これによって、発光を効率よく外部に取り出すことができる。

【数04】

$$\frac{(2m-1)\lambda}{4} - n_{ii} d_{ii} - n_1 d_1 - n_p d_p \leq n_i d_i \leq \frac{(2m-1)\lambda}{4} - n_{ii} d_{ii} - n_1 d_1 \dots (6)$$

【0056】

数式(6)において、 n_i は第1の層211の屈折率、 d_i は第1の層211の膜厚、 n_{ii} は第2の層212の屈折率、 d_{ii} は第2の層212の膜厚、 n_1 は電子輸送層221の屈折率、 d_1 は電子輸送層221の膜厚、 n_p は発光層222の屈折率、 d_p は発光層222の膜厚、 λ は発光素子からの発光の波長、mは任意の正の整数を表す。

【0057】

数式(4)、(5)、(6)において、mは $1 \leq m \leq 10$ であることが好ましい。また、発光素子からの発光とは、発光素子外部に放射される、発光物質に由来した発光のことである。また、発光の波長とは、発光スペクトルにおいて極大値を示す波長についての理論値である。

【0058】

また、特に、第1の層211を芳香族アミン化合物を用いて形成し、第2の層212を正孔移動度よりも電子移動度の方が高い物質を用いて形成するときは、上記数式(4)、(5)、(6)において、特に $d_i \geq d_{ii}$ であることが好ましい。これによって、膜厚の増加に伴う抵抗値の増加をさらに少なくすることができる。これは、電子よりも正孔を移動し易い芳香族アミン化合物の方が多く存在し、また、より高い電子移動度を有する芳香族アミン化合物よりも、より高い正孔移動度を有する芳香族アミン化合物を得る方が容易である為である。このように、本発明の発光素子は、芳香族アミン化合物を有効に活用することが出来るものである。そして、芳香族アミン化合物を有効に活用することが出来ることに依って、発光素子を作製する為に用いる物質の選択性が拡がり、発光素子の作製が容易になる。

【0059】

なお、本形態では、第2の層212と発光層222との間に、電子輸送層221を有す

る構造の発光素子について説明したが、電子輸送層 221 と異なる層を他に有していてもよい。その場合、数式(6)における $n_1 d_1$ は、 $n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_k d_k + \dots$ のように表される。

【0060】

(実施の形態3)

本発明の発光素子は、発光時間の蓄積に伴った駆動電圧の増加が少なく信頼性の高い素子であるため、本発明の発光素子を例えれば画素部に適用することで、消費電力の増加の少ない発光装置を得ることができる。また、本発明の発光素子は、電極間の短絡を防ぐことが容易なため、本発明の発光素子を画素部に適用することで、短絡に起因した欠陥の少ない良好な画像を表示できる発光装置を得ることができる。また、本発明の発光素子は、発光の外部取り出し効率を容易にすることが容易なため、本発明の発光素子を画素部に適用することで、低消費電力で表示動作を行うことができる発光装置を得ることができる。

【0061】

本形態では、表示機能を有する発光装置の回路構成および駆動方法について図3～6を用いて説明する。

【0062】

図3は本発明を適用した発光装置を上面からみた模式図である。図3において、基板6500上には、画素部6511と、ソース信号線駆動回路6512と、書込用ゲート信号線駆動回路6513と、消去用ゲート信号線駆動回路6514とが設けられている。ソース信号線駆動回路6512と、書込用ゲート信号線駆動回路6513と、消去用ゲート信号線駆動回路6514とは、それぞれ、配線群を介して、外部入力端子であるFPC(フレキシブルプリントサーキット)6503と接続している。そして、ソース信号線駆動回路6512と、書込用ゲート信号線駆動回路6513と、消去用ゲート信号線駆動回路6514とは、それぞれ、FPC6503からビデオ信号、クロック信号、スタート信号、リセット信号等を受け取る。またFPC6503にはプリント配線基盤(PWB)6504が取り付けられている。なお、駆動回路部は、上記のように必ずしも画素部6511と同一基板上に設けられている必要はなく、例えは、配線パターンが形成されたFPC上にICチップを実装したもの(TCP)等を利用し、基板外部に設けられていてもよい。

【0063】

画素部6511には、列方向に伸びた複数のソース信号線が行方向に並んで配列している。また、電流供給線が行方向に並んで配列している。また、画素部6511には、行方向に伸びた複数のゲート信号線が列方向に並んで配列している。また画素部6511には、発光素子を含む一組の回路が複数配列している。

【0064】

図4は、一画素を動作するための回路を表した図である。図4に示す回路には、第1のトランジスタ901と第2のトランジスタ902と発光素子903とが含まれている。

【0065】

第1のトランジスタ901と、第2のトランジスタ902とは、それぞれ、ゲート電極と、ドレイン領域と、ソース領域とを含む三端子の素子であり、ドレイン領域とソース領域の間にチャネル領域を有する。ここで、ソース領域とドレイン領域とは、トランジスタの構造や動作条件等によって変わるために、いずれがソース領域またはドレイン領域であるかを限定することが困難である。そこで、本形態においては、ソースまたはドレインとして機能する領域を、それぞれ第1電極、第2電極と表記する。

【0066】

ゲート信号線911と、書込用ゲート信号線駆動回路913とはスイッチ918によって電気的に接続または非接続の状態になるように設けられている。また、ゲート信号線911と、消去用ゲート信号線駆動回路914とはスイッチ919によって電気的に接続または非接続の状態になるように設けられている。また、ソース信号線912は、スイッチ920によってソース信号線駆動回路915または電源916のいずれかに電気的に接続するように設けられている。そして、第1のトランジスタ901のゲートはゲート信号線

911に電気的に接続している。また、第1のトランジスタの第1電極はソース信号線912に電気的に接続し、第2電極は第2のトランジスタ902のゲート電極と電気的に接続している。第2のトランジスタ902の第1電極は電流供給線917と電気的に接続し、第2電極は発光素子903に含まれる一の電極と電気的に接続している。なお、スイッチ918は、書込用ゲート信号線駆動回路913に含まれていてもよい。またスイッチ919についても消去用ゲート信号線駆動回路914の中に含まれていてもよい。また、スイッチ920についてもソース信号線駆動回路915の中に含まれていてもよい。

【0067】

また画素部におけるトランジスタや発光素子等の配置について特に限定はないが、例えば図5の上面図に表すように配置することができる。図5において、第1のトランジスタ1001の第1電極はソース信号線1004に接続し、第2の電極は第2のトランジスタ1002のゲート電極に接続している。また第2トランジスタの第1電極は電流供給線1005に接続し、第2電極は発光素子の電極1006に接続している。ゲート信号線1003の一部は第1のトランジスタ1001のゲート電極として機能する。

【0068】

次に、駆動方法について説明する。図6は時間経過に伴ったフレームの動作について説明する図である。図6において、横方向は時間経過を表し、縦方向はゲート信号線の走査段数を表している。

【0069】

本発明の発光装置を用いて画像表示を行うとき、表示期間においては、画面の書き換え動作と表示動作とが繰り返し行われる。この書き換え回数について特に限定はないが、画像を見る人がちらつき（フリッカ）を感じないように少なくとも1秒間に60回程度とすることが好ましい。ここで、一画面（1フレーム）の書き換え動作と表示動作を行う期間を1フレーム期間という。

【0070】

1フレームは、図6に示すように、書き込み期間501a、502a、503a、504aと保持期間501b、502b、503b、504bとを含む4つのサブフレーム501、502、503、504に時分割されている。発光するための信号を与えられた発光素子は、保持期間において発光状態となっている。各々のサブフレームにおける保持期間の長さの比は、第1のサブフレーム501：第2のサブフレーム502：第3のサブフレーム503：第4のサブフレーム504 = $2^3 : 2^2 : 2^1 : 2^0 = 8 : 4 : 2 : 1$ となっている。これによって4ビット階調を表現することができる。但し、ビット数及び階調数はここに記すものに限定されず、例えば8つのサブフレームを設け8ビット階調を行えるようにしてもよい。

【0071】

1フレームにおける動作について説明する。まず、サブフレーム501において、1行目から最終行まで順に書き込み動作が行われる。従って、行によって書き込み期間の開始時間が異なる。書き込み期間501aが終了した行から順に保持期間501bへと移る。当該保持期間において、発光するための信号を与えられている発光素子は発光状態となっている。また、保持期間501bが終了した行から順に次のサブフレーム502へ移り、サブフレーム501の場合と同様に1行目から最終行まで順に書き込み動作が行われる。以上のような動作を繰り返し、サブフレーム504の保持期間504b迄終了する。サブフレーム504における動作を終了したら次のフレームへ移る。このように、各サブフレームにおいて発光した時間の積算時間が、1フレームにおける各々の発光素子の発光時間となる。この発光時間を発光素子ごとに変えて一画素内で様々な組み合わせることによって、明度および色度の異なる様々な表示色を形成することができる。

【0072】

サブフレーム504のように、最終行目までの書込が終了する前に、既に書込を終え、保持期間に移行した行における保持期間を強制的に終了させたいときは、保持期間504bの後に消去期間504cを設け、強制的に非発光の状態となるように制御することが好

ましい。そして、強制的に非発光状態にした行については、一定期間、非発光の状態を保つ（この期間を非発光期間 504 d とする。）。そして、最終行目の書込期間が終了したら直ちに、一行目から順に次の（またはフレーム）の書込期間に移行する。これによって、サブフレーム 504 の書き込み期間と、その次のサブフレームの書き込み期間とが重畠することを防ぐことができる。

【0073】

なお、本形態では、サブフレーム 501 乃至 504 は保持期間の長いものから順に並んでいるが、必ずしも本実施例のような並びにする必要はなく、例えば保持期間の短いものから順に並べられていてもよいし、または保持期間の長いものと短いものとがランダムに並んでいてもよい。また、サブフレームは、さらに複数のフレームに分割されていてもよい。つまり、同じ映像信号を与えている期間、ゲート信号線の走査を複数回行ってもよい。

【0074】

ここで、書込期間および消去期間における、図 4 で示す回路の動作について説明する。

【0075】

まず書込期間における動作について説明する。書込期間において、n 行目（n は自然数）のゲート信号線 911 は、スイッチ 918 を介して書込用ゲート信号線駆動回路 913 と電気的に接続し、消去用ゲート信号線駆動回路 914 とは非接続である。また、ソース信号線 912 はスイッチ 920 を介してソース信号線駆動回路と電気的に接続している。ここで、n 行目（n は自然数）のゲート信号線 911 に接続した第 1 のトランジスタ 901 のゲートに信号が入力され、第 1 のトランジスタ 901 はオンとなる。そして、この時、1 列目から最終列目迄のソース信号線に同時に映像信号が入力される。なお、各列のソース信号線 912 から入力される映像信号は互いに独立したものである。ソース信号線 912 から入力された映像信号は、各々のソース信号線に接続した第 1 のトランジスタ 901 を介して第 2 のトランジスタ 902 のゲート電極に入力される。この時第 2 のトランジスタ 902 に入力された信号によって、電流供給線 917 から発光素子 903 へ供給される電流値が決まる。そして、その電流値に依存して発光素子 903 は発光または非発光が決まる。例えば、第 2 のトランジスタ 902 が P チャネル型である場合は、第 2 のトランジスタ 902 のゲート電極に Low Level の信号が入力されることによって発光素子 903 が発光する。一方、第 2 のトランジスタ 902 が N チャネル型である場合は、第 2 のトランジスタ 902 のゲート電極に High Level の信号が入力されることによって発光素子 903 が発光する。

【0076】

次に消去期間における動作について説明する。消去期間において、n 行目（n は自然数）のゲート信号線 911 は、スイッチ 919 を介して消去用ゲート信号線駆動回路 914 と電気的に接続し、書込用ゲート信号線駆動回路 913 とは非接続である。また、ソース信号線 912 はスイッチ 920 を介して電源 916 と電気的に接続している。ここで、n 行目のゲート信号線 911 に接続した第 1 のトランジスタ 901 のゲートに信号が入力され、第 1 のトランジスタ 901 はオンとなる。そして、この時、1 列目から最終列目迄のソース信号線に同時に消去信号が入力される。ソース信号線 912 から入力された消去信号は、各々のソース信号線に接続した第 1 のトランジスタ 901 を介して第 2 のトランジスタ 902 のゲート電極に入力される。この時第 2 のトランジスタ 902 に入力された信号によって、電流供給線 917 から発光素子 903 への電流の供給が阻止される。そして、発光素子 903 は強制的に非発光となる。例えば、第 2 のトランジスタ 902 が P チャネル型である場合は、第 2 のトランジスタ 902 のゲート電極に High Level の信号が入力されることによって発光素子 903 は非発光となる。一方、第 2 のトランジスタ 902 が N チャネル型である場合は、第 2 のトランジスタ 902 のゲート電極に Low Level の信号が入力されることによって発光素子 903 は非発光となる。

【0077】

なお、消去期間では、n 行目（n は自然数）については、以上に説明したような動作に

よって消去する為の信号を入力する。しかし、前述のように、n行目が消去期間であると共に、他の行(m行目(mは自然数)とする。)については書込期間となる場合がある。このような場合、同じ列のソース信号線を利用してn行目には消去の為の信号を、m行目には書込の為の信号を入力する必要があるため、以下に説明するような動作させることが好ましい。

【0078】

先に説明した消去期間における動作によって、n行目の発光素子903が非発光となった後、直ちに、ゲート信号線と消去用ゲート信号線駆動回路914とを非接続の状態とすると共に、スイッチ918を切り替えてソース信号線とソース信号線駆動回路915と接続させる。そして、ソース信号線とソース信号線駆動回路915とを接続させる共に、ゲート信号線と書込用ゲート信号線駆動回路913とを接続させる。そして、書込用ゲート信号線駆動回路913からm行目の信号線に選択的に信号が入力され、第1のトランジスタがオンすると共に、ソース信号線駆動回路915からは、1列目から最終列目迄のソース信号線に書込の為の信号が入力される。この信号によって、m行目の発光素子は、発光または非発光となる。

【0079】

以上のようにしてm行目について書込期間を終えたら、直ちに、n+1行目の消去期間に移行する。その為に、ゲート信号線と書込用ゲート信号線駆動回路913を非接続とすると共に、スイッチ918を切り替えてソース信号線を電源916と接続する。また、ゲート信号線と書込用ゲート信号線駆動回路913を非接続とすると共に、ゲート信号線については、消去用ゲート信号線駆動回路914と接続状態にする。そして、消去用ゲート信号線駆動回路914からn+1行目のゲート信号線に選択的に信号を入力して第1のトランジスタに信号をオンすると共に、電源916から消去信号が入力される。このようにして、n+1行目の消去期間を終えたら、直ちに、m行目の書込期間に移行する。以下、同様に、消去期間と書込期間とを繰り返し、最終行目の消去期間まで動作させればよい。

【0080】

なお、本形態では、n行目の消去期間とn+1行目の消去期間との間にm行目の書込期間を設ける態様について説明したが、これに限らず、n-1行目の消去期間とn行目の消去期間との間にm行目の書込期間を設けてもよい。

【0081】

また、本形態では、サブフレーム504のように非発光期間504dを設けるときおいて、消去用ゲート信号線駆動回路914と或る一のゲート信号線とを非接続状態にすると共に、書込用ゲート信号線駆動回路913と他のゲート信号線とを接続状態にする動作を繰り返している。このような動作は、特に非発光期間を設けないフレームにおいて行っても構わない。

【0082】

(実施の形態4)

本発明の発光素子を含む発光装置の断面図の一態様について、図7を用いて説明する。

【0083】

図7において、点線で囲まれているのは、本発明の発光素子12を駆動するために設けられているトランジスタ11である。発光素子12は、第1の電極13と第2の電極14との間に正孔を発生する層と電子を発生する層と発光物質を含む層とが積層された層15を有する本発明の発光素子である。トランジスタ11のドレインと第1の電極13とは、第1層間絶縁膜16(16a、16b、16c)を貫通している配線17によって電気的に接続されている。また、発光素子12は、隔壁層18によって、隣接して設けられている別の発光素子と分離されている。このような構成を有する本発明の発光装置は、本形態において、基板10上に設けられている。

【0084】

なお、図7に示されたトランジスタ11は、半導体層を中心として基板と逆側にゲート電極が設けられたトップゲート型のものである。但し、トランジスタ11の構造について

は、特に限定はなく、例えばボトムゲート型のものでもよい。またボトムゲートの場合には、チャネルを形成する半導体層の上に保護膜が形成されたもの（チャネル保護型）でもよいし、或いはチャネルを形成する半導体層の一部が凹状になったもの（チャネルエッヂ型）でもよい。なお、21はゲート電極、22はゲート絶縁膜、23は半導体層、24はn型の半導体層、25は電極、26は保護膜である。

【0085】

また、トランジスタ11を構成する半導体層は、結晶性、非結晶性のいずれのものでもよい。また、セミアモルファス等でもよい。

【0086】

なお、セミアモルファスな半導体とは、次のようなものである。非晶質と結晶構造（単結晶、多結晶を含む）の中間的な構造を有し、自由エネルギー的に安定な第3の状態を有する半導体であって、短距離秩序を持ち格子歪みを有する結晶質な領域を含んでいるものである。また少なくとも膜中の一部の領域には、0.5~20nmの結晶粒を含んでいる。ラマンスペクトルが 520 cm^{-1} よりも低波数側にシフトしている。X線回折ではSi結晶格子に由来するとされる(111)、(220)の回折ピークが観測される。未結合手（ダンギングボンド）の中和剤として水素またはハロゲンを少なくとも1原子%またはそれ以上含ませている。所謂微結晶半導体（マイクロクリスタル半導体）とも言われている。珪化物気体をグロー放電分解（プラズマCVD）して形成する。珪化物気体としては、SiH₄、その他にもSi₂H₆、SiH₂C₁₂、SiHC₁₃、SiCl₄、SiF₄などを用いることができる。この珪化物気体をH₂、又は、H₂とHe、Ar、Kr、Neから選ばれた一種または複数種の希ガス元素で希釈しても良い。希釈率は2~1000倍の範囲。圧力は概略0.1Pa~133Paの範囲、電源周波数は1MHz~120MHz、好ましくは13MHz~60MHz。基板加熱温度は300°C以下でよく、好ましくは100~250°C。膜中の不純物元素として、酸素、窒素、炭素などの大気成分の不純物は $1\times10^{20}/\text{cm}^3$ 以下とすることが望ましく、特に、酸素濃度は $5\times10^{19}/\text{cm}^3$ 以下、好ましくは $1\times10^{19}/\text{cm}^3$ 以下とする。なお、セミアモルファスなものを有する半導体を用いたTFT（薄膜トランジスタ）の移動度はおよそ $1\sim10\text{ m}^2/\text{V sec}$ となる。

【0087】

また、半導体層が結晶性のものの具体例としては、単結晶または多結晶性の珪素、或いはシリコンゲルマニウム等から成るものが挙げられる。これらはレーザー結晶化によって形成されたものでもよいし、例えばニッケル等を用いた固相成長法による結晶化によって形成されたものでもよい。

【0088】

なお、半導体層が非晶質の物質、例えばアモルファスシリコンで形成される場合には、トランジスタ11および他のトランジスタ（発光素子を駆動するための回路を構成するトランジスタ）は全てNチャネル型トランジスタで構成された回路を有する発光装置であることが好ましい。それ以外については、Nチャネル型またはPチャネル型のいずれか一のトランジスタで構成された回路を有する発光装置でもよいし、両方のトランジスタで構成された回路を有する発光装置でもよい。

【0089】

さらに、第1層間絶縁膜16は、図7(A)、(C)に示すように多層でもよいし、または单層でもよい。なお、16aは酸化珪素や窒化珪素のような無機物から成り、16bはアクリルやシロキサン（シリコン（Si）と酸素（O）との結合で骨格構造が構成され、置換基に少なくとも水素を含む物質）、塗布成膜可能な酸化珪素等の自己平坦性を有する物質から成る。さらに、16cはアルゴン（Ar）を含む窒化珪素膜から成る。なお、各層を構成する物質については、特に限定はなく、ここに述べたもの以外のものを用いてもよい。また、これら以外の物質から成る層をさらに組み合わせてもよい。このように、第1層間絶縁膜16は、無機物または有機物の両方を用いて形成されたものでもよいし、または無機膜と有機膜のいずれか一で形成されたものでもよい。

【0090】

隔壁層18は、エッジ部において、曲率半径が連続的に変化する形状であることが好ましい。また隔壁層18は、アクリルやシロキサン、レジスト、酸化珪素等を用いて形成される。なお隔壁層18は、無機膜と有機膜のいずれか一で形成されたものでもよいし、または両方を用いて形成されたものでもよい。

【0091】

なお、図7(A)、(C)では、第1層間絶縁膜16のみがトランジスタ11と発光素子12の間に設けられた構成であるが、図7(B)のように、第1層間絶縁膜16(16a、16b)の他、第2層間絶縁膜19(19a、19b)が設けられた構成のものであってもよい。図7(B)に示す発光装置においては、第1の電極13は第2層間絶縁膜19を貫通し、配線17と接続している。

【0092】

第2層間絶縁膜19は、第1層間絶縁膜16と同様に、多層でもよいし、または単層でもよい。19aはアクリルやシロキサン(シリコン(Si)と酸素(O)との結合で骨格構造が構成され、置換基に少なくとも水素を含む物質)、塗布成膜可能な酸化珪素等の自己平坦性を有する物質から成る。さらに、19bはアルゴン(Argon)を含む窒化珪素膜から成る。なお、各層を構成する物質については、特に限定ではなく、ここに述べたもの以外のものを用いてもよい。また、これら以外の物質から成る層をさらに組み合わせてもよい。このように、第2層間絶縁膜19は、無機物または有機物の両方を用いて形成されたものでもよいし、または無機膜と有機膜のいずれか一で形成されたものでもよい。

【0093】

発光素子12において、第1の電極および第2の電極がいずれも透光性を有する物質で構成されている場合、図7(A)の白抜きの矢印で表されるように、第1の電極13側と第2の電極14側の両方から発光を取り出すことができる。また、第2の電極14のみが透光性を有する物質で構成されている場合、図7(B)の白抜きの矢印で表されるように、第2の電極14側のみから発光を取り出すことができる。この場合、第1の電極13は反射率の高い材料で構成されているか、または反射率の高い材料から成る膜(反射膜)が第1の電極13の下方に設けられていることが好ましい。また、第1の電極13のみが透光性を有する物質で構成されている場合、図7(C)の白抜きの矢印で表されるように、第1の電極13側のみから発光を取り出すことができる。この場合、第2の電極14は反射率の高い材料で構成されているか、または反射膜が第2の電極14の上方に設けられていることが好ましい。

【0094】

また、発光素子12は、第1の電極13の電位よりも第2の電極14の電位が高くなるように電圧を印加したときに動作するように層15が積層されたものであってもよいし、或いは、第1の電極13の電位よりも第2の電極14の電位が低くなるように電圧を印加したときに動作するように層15が積層されたものであってもよい。前者の場合、トランジスタ11はNチャネル型トランジスタであり、後者の場合、トランジスタ11はPチャネル型トランジスタである。

【0095】

以上のように、本実施の形態では、トランジスタによって発光素子の駆動を制御するアクティブ型の発光装置について説明したが、この他、トランジスタ等の駆動用の素子を特に設けずに発光素子を駆動させるパッシブ型の発光装置であってもよい。図30には本発明を適用して作製したパッシブ型の発光装置の斜視図を示す。図30において、基板951上には電極952と電極956と層905とを含んでなる発光素子を有する。電極952と電極956との間には、発光物質を含む層及び電子を発生する層、正孔を発生する層が順に積層した層905が設けられている。電極952の端部は絶縁層953で覆われている。そして、絶縁層953上には隔壁層954が設けられている。隔壁層954の側壁は、基板面に近くなるに伴って、一方の側壁と他方の側壁との間隔が狭くなっていくような傾斜を有する。つまり、隔壁層954の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺(絶縁

層 953 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 953 と接する辺)の方が上辺(絶縁層 953 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 953 と接しない辺)よりも短い。このように、隔壁層 954 を設けることで、静電気等に起因した発光素子の不良を防ぐことが出来る。また、パッシブ型の発光装置においても、低駆動電圧で動作する本発明の発光素子を含むことによって、低消費電力で駆動させることができる。

【0096】

(実施の形態5)

本発明の発光装置を実装することによって、表示部等に関する消費電力の増加が少ない電子機器を得ることができる。また、本発明の発光装置を実装することによって、画素の欠陥等が少なく良好な画像を表示できる表示装置等の電子機器を得ることができる。また、本発明の発光装置を実装することによって、消費電力の少ない電子機器を得ることが出来る。

【0097】

本発明を適用した発光装置を実装した電子機器の一実施例を図8に示す。

【0098】

図8(A)は、本発明を適用して作製したノート型のパソコンコンピュータであり、本体5521、筐体5522、表示部5523、キーボード5524などによって構成されている。本発明の発光素子を有する発光装置を表示部として組み込むことでパソコンコンピュータを完成できる。

【0099】

図8(B)は、本発明を適用して作製した電話機であり、本体5552には表示部5551と、音声出力部5554、音声入力部5555、操作スイッチ5556、5557、アンテナ5553等によって構成されている。本発明の発光素子を有する発光装置を表示部として組み込むことで電話機を完成できる。

【0100】

図8(C)は、本発明を適用して作製したテレビ受像機であり、表示部5531、筐体5532、スピーカー5533などによって構成されている。本発明の発光素子を有する発光装置を表示部として組み込むことでテレビ受像機を完成できる。

【0101】

以上のように本発明の発光装置は、各種電子機器の表示部として用いるのに非常に適している。

【0102】

なお、本形態では、パソコンコンピュータについて述べているが、この他に電話機、ナビゲーション装置、或いは照明機器等に本発明の発光素子を有する発光装置を実装しても構わない。

【実施例1】

【0103】

本実施例では、正孔を発生する機能を有する層において、芳香族アミン化合物と、その物質に対し電子受容性を示す物質との混合割合が異なる四つの発光素子、発光素子(1)、発光素子(2)、発光素子(3)、発光素子(4)の作製方法と、それらの素子の特性について図2を用いて説明する。

【0104】

基板701上に、シリコンを含有したインジウム錫酸化物を、スパッタリング法によって成膜し、第2の電極702を形成した。ここで、膜厚は110nmとなるようにした。なお、基板701はガラスから成るものを用いた。

【0105】

次に、第2の電極702の上に、モリブデン酸化物(VI)を、真空蒸着法によって成膜し、モリブデン酸化物から成る第11の層703を形成した。ここで、膜厚は5nmとなるようにした。

【0106】

次に、第11の層703上に、4, 4'-ビス【N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ】ビフェニル(略称: α -NPDまたはNPB)を、真空蒸着法によって成膜し、NPBから成る第12の層704を形成した。ここで、膜厚は55nmとなるようにした。

【0107】

次に第12の層704の上に、Alq₃とクマリン6とを、共蒸着法によって成膜し、トリス(8-キノリノラート)アルミニウム(略称: Alq₃)とクマリン6とを含む第13の層705を形成した。ここで、Alq₃とクマリン6との重量比は1対0.005(=Alq₃:クマリン6)となるように調節した。これによって、クマリン6はAlq₃の中に分散された状態となる。また、膜厚は、35nmとなるようにした。なお、共蒸着法とは、複数の蒸発源から同時に蒸着を行う蒸着法である。

【0108】

次に第13の層705の上に、Alq₃を、真空蒸着法によって成膜し、Alq₃から成る第14の層706を形成した。ここで、膜厚は10nmとなるようにした。

【0109】

次に、第14の層706の上に、Alq₃とリチウムとを、共蒸着法によって成膜し、Alq₃とリチウム(Li)とを含む第2の層707を形成した。ここで、Alq₃とリチウムとの重量比は1対0.01(=Alq₃:Li)、モル比に換算すると1.5(=Alq₃/Li)となるように調節した。また、膜厚は10nmとなるようにした。

【0110】

次に、第2の層707の上に、NPBとモリブデン酸化物(VI)とを原料として、共蒸着法によって、NPBとモリブデン酸化物とを含む第1の層708を形成した。ここで、発光素子(1)については、NPBとモリブデン酸化物とのモル比は0.5(=NPB/Mo)となるように調節した。また、発光素子(2)については、NPBとモリブデン酸化物とのモル比は1.0(=NPB/Mo)となるように調節した。また、発光素子(3)については、NPBとモリブデン酸化物とのモル比は1.5(=NPB/Mo)となるように調節した。また、発光素子(4)については、NPBとモリブデン酸化物とのモル比は2.0(=NPB/Mo)となるように調節した。また、膜厚は、それぞれ、20nmとなるようにした。

【0111】

次に、第1の層708の上に、アルミニウムを、真空蒸着法によって成膜し、第1の電極709を形成した。膜厚は、100nmとなるようにした。

【0112】

以上のようにして作製した発光素子において、第1の電極709の電位よりも第2の電極702の電位が高くなるように電圧を印加して電流を流すと、第1の層708において発生した正孔は第1の電極709へ注入され、第2の層707において発生した電子は第14の層706へ注入され、第2の電極702から第11の層703へは正孔が注入される。そして、第2の電極702から注入された正孔と、第2の層707から注入された電子とは、第13の層705において再結合し、クマリン6が発光する。このように、第13の層705は発光層として機能する。なお、第11の層703は、正孔注入層として機能し、第12の層704は正孔輸送層として機能し、第14の層706は電子輸送層として機能する。また、本実施例の発光素子では、第14の層706を形成している物質と第2の層707に含まれる電子輸送性物質は、いずれもAlq₃であり、電子親和力は同等である。

【0113】

本実施例の発光素子の電圧-輝度特性を図9に、電流密度-輝度特性を図10に、電圧-電流特性を図11に示す。図9において、横軸は電圧(V)、縦軸は輝度(cd/m²)を表す。また、図10において、横軸は電流密度(mA/cm²)、縦軸は輝度(cd/m²)を表す。また、図11において、横軸は電圧(V)、縦軸は電流(mA)を表す。図9~11において、▲印は発光素子(1)、●印は発光素子(2)、○印は発光素子

(3)、■印は発光素子(4)の特性を表す。

【0114】

図9～11から、いずれの発光素子についても、良好に動作していることが分かる。また、特に、第1の層708におけるNPBとモリブデン酸化物とのモル比(=NPB/モリブデン酸化物)が1～2である発光素子(2)～(4)では、任意の電圧を印加したときに得られる輝度が高く、また電流値も大きいことが分かる。このように、NPBとモリブデン酸化物とのモル比(=NPB/モリブデン酸化物)が1～2になるように調節することで、低い駆動電圧で動作する発光素子を得られる。

【0115】

次に、本実施例の発光素子について、連続点灯試験を行った結果について説明する。連続点灯試験は、上記のようにして作製した発光素子を、窒素雰囲気で封止した後、常温下で、次のようにして行った。

【0116】

図10からも分かるように、初期状態の本発明の発光素子において、3000cd/m²の輝度で発光するために必要な電流密度は26.75mA/cm²である。本実施例では、26.75mA/cm²の電流を一定時間を流し続け、26.75mA/cm²の電流を流すのに必要な電圧の経時変化、並びに輝度の経時変化について調べた。測定結果を図12、13に示す。図12において、横軸は経過した時間(hour)、縦軸は26.75mA/cm²の電流を流すのに必要な電圧(V)を表す。また、図13において、横軸は経過した時間(hour)、縦軸は輝度(任意単位)を表す。なお、輝度(任意単位)は、初期状態の輝度を100として表した、初期輝度に対する相対値(任意時間における輝度を初期輝度で割り、さらに100倍して求めた値。)である。

【0117】

図12より、いずれの発光素子においても26.75mA/cm²の電流密度の電流を流すのに必要な電圧は、100時間経過後において、初期状態よりも約1Vしか高くなっていないことが分かる。このことから、本発明の発光素子が、経時変化に伴った電圧の上昇の少ない良好な素子であることが分かる。

【実施例2】

【0118】

本発明の発光素子の作製方法について図14を用いて説明する。

【0119】

基板731上に、シリコンを含有したインジウム錫酸化物を、スパッタリング法によって成膜し、第2の電極732を形成した。ここで、膜厚は110nmとなるようにした。なお、基板731はガラスから成るものを用いた。

【0120】

次に、第2の電極732の上に、モリブデン酸化物(VI)とNPBとを原料として、共蒸着法によって、モリブデン酸化物とNPBとを含む第11の層733を形成した。ここで、膜厚は50nmとなるようにした。なお、モリブデン酸化物とNPBとの重量比は0.2対1(=モリブデン酸化物:NPB)となるように調節した。

【0121】

次に、第11の層733上に、NPBを、真空蒸着法によって成膜し、NPBから成る第12の層734を形成した。ここで、膜厚は10nmとなるようにした。

【0122】

次に第12の層734の上に、Alq₃とクマリン6とを、共蒸着法によって成膜し、トリス(8-キノリノラート)アルミニウム(略称:Alq₃)とクマリン6とを含む第13の層735を形成した。ここで、Alq₃とクマリン6との重量比は1対0.005(=Alq₃:クマリン6)となるように調節した。これによって、クマリン6はAlq₃の中に分散された状態となる。また、膜厚は、35nmとなるようにした。なお、共蒸着法とは、複数の蒸発源から同時に蒸着を行う蒸着法である。

【0123】

次に第13の層735の上に、Al₂O₃を、真空蒸着法によって成膜し、Al₂O₃から成る第14の層736を形成した。ここで、膜厚は10nmと成るようにした。

【0124】

次に、第14の層736の上に、Al₂O₃とリチウムとを、共蒸着法によって成膜し、Al₂O₃とリチウム(Li)とを含む第2の層737を形成した。ここで、Al₂O₃とリチウムとの重量比は1対0.01(=Al₂O₃:Li)、モル比に換算すると1.5(=Al₂O₃/Li)となるように調節した。また、膜厚は10nmとなるようにした。

【0125】

次に、第2の層737の上に、NPBとモリブデン酸化物(VI)とを原料として、共蒸着法によって、NPBとモリブデン酸化物とを含む第1の層738を形成した。

ここで、NPBとモリブデン酸化物とのモル比は1.0(=NPB/Mo₂O₃)となるように調節した。また、膜厚は、20nmとなるようにした。

【0126】

次に、第1の層738の上に、アルミニウムを、真空蒸着法によって成膜し、第1の電極739を形成した。膜厚は、100nmとなるようにした。

【0127】

以上のようにして作製した発光素子において第1の電極739の電位よりも第2の電極732の電位が高くなるように電圧を印加して電流を流すと、第1の層738において発生した正孔は第1の電極739へ注入され、第2の層737において発生した電子は第14の層736へ注入され、第2の電極732から第11の層733へは正孔が注入される。そして、第2の電極732から注入された正孔と、第2の層737から注入された電子とは、第13の層735において再結合し、クマリン6が発光する。このように、第13の層735は発光層として機能する。なお、第11の層733は、正孔注入層として機能し、第12の層734は正孔輸送層として機能し、第14の層736は電子輸送層として機能する。また、本実施例の発光素子では、第14の層736を形成している物質と第2の層737に含まれる電子輸送性物質は、いずれもAl₂O₃であり、電子親和力は同等である。

【0128】

(比較例)

次に比較例の発光素子の作製方法について図15を用いて説明する。

【0129】

基板751上に、シリコンを含有したインジウム錫酸化物を、スパッタリング法によって成膜し、第2の電極752を形成した。ここで、膜厚は110nmとなるようにした。なお、基板751はガラスから成るもの用いた。

【0130】

次に、第2の電極752の上に、モリブデン酸化物(VI)とNPBとを原料として、共蒸着法によって、モリブデン酸化物とNPBとを含む第11の層753を形成した。ここで、膜厚は50nmとなるようにした。なお、モリブデン酸化物とNPBとの重量比は0.2対1(=モリブデン酸化物:NPB)となるように調節した。

【0131】

次に、第11の層753上に、NPBを、真空蒸着法によって成膜し、NPBから成る第12の層754を形成した。ここで、膜厚は10nmとなるようにした。

【0132】

次に第12の層754の上に、Al₂O₃とクマリン6とを、共蒸着法によって成膜し、Al₂O₃とクマリン6とを含む第13の層755を形成した。ここで、Al₂O₃とクマリン6との重量比は1対0.005(=Al₂O₃:クマリン6)となるように調節した。これによって、クマリン6はAl₂O₃の中に分散された状態となる。また、膜厚は、35nmとなるようにした。

【0133】

次に第13の層755の上に、Al₂O₃を、真空蒸着法によって成膜し、Al₂O₃から成

る第14の層756を形成した。ここで、膜厚は10nmと成るようにした。

【0134】

次に、第14の層756の上に、Al₂O₃とリチウムとを、共蒸着法によって成膜し、Al₂O₃とリチウム(Li)とを含む第2の層757を形成した。ここで、Al₂O₃とリチウムとの重量比は1対0.01(=Al₂O₃:Li)、モル比に換算すると1.5(=Al₂O₃/Li)となるように調節した。また、膜厚は10nmとなるようにした。

【0135】

次に、第2の層757の上に、アルミニウムを、真空蒸着法によって成膜し、第1の電極758を形成した。膜厚は、100nmとなるようにした。

【0136】

以上のようにして、実施例2の本発明の発光素子に対する比較例の発光素子を作製した。以上のことから分かるように、比較例の発光素子においては、実施例2の第1の層738に相当する層が含まれていない。

【0137】

実施例2の発光素子と、比較例の発光素子の電圧-輝度特性を図16に電圧-電流特性を図17に示す。図16において横軸は電圧(V)、縦軸は輝度(cd/m²)を表す。また、図17において横軸は電圧(V)、縦軸は電流(mA)を表す。図16、17において、●印は実施例2(本発明)の発光素子の特性を表し、▲印は比較例の発光素子の特性を表す。

【0138】

図16から、任意の電圧を印加したときに得られる輝度は、本発明の発光素子の方が比較例の発光素子よりも高いことが分かる。また、図17から、任意の電圧を印加したときに発光素子に流れる電流は、本発明の発光素子の方が比較例の発光素子よりも多いことが分かる。以上のことから、本発明の発光素子は、低い駆動電圧で動作することができる良好な素子であることが分かる。

【0139】

なお、実施例1および実施例2のいずれの発光素子についても、発光層として機能する層の他、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層等として機能する層を形成しているが、必ずしもこれらの層を設けなくてもよい。また、実施例1、実施例2では、共に、発光層として機能する層を形成した後、電子を発生する層を形成し、さらにその後正孔を発生する層を形成しているが、本発明の発光素子の作製方法はこれに限定されるものではない。例えば、正孔を発生する層を形成した後、電子を発生する層を形成し、さらにその後発光層として機能する層を含む層を形成しても構わない。

【実施例3】

【0140】

本実施例では、正孔を発生する層の膜厚が異なる六つの発光素子、発光素子(5)、発光素子(6)、発光素子(7)、発光素子(8)、発光素子(9)、発光素子(10)、発光素子(11)の作製方法と、それらの素子の特性について図18を用いて説明する。

【0141】

基板771上に、インジウム錫酸化物を、スパッタリング法によって成膜し、第2の電極772を形成した。ここで、膜厚は110nmとなるようにした。なお、基板771はガラスから成るもの用いた。

【0142】

次に、第2の電極772の上に、CuPCを、真空蒸着法によって成膜し、CuPCから成る第11の層773を形成した。ここで、膜厚は20nmとなるようにした。

【0143】

次に、第11の層773上に、NPBを、真空蒸着法によって成膜し、NPBから成る第12の層774を形成した。ここで、膜厚は40nmとなるようにした。

【0144】

次に第12の層774の上に、Al₂O₃とクマリン6とを、共蒸着法によって成膜し、

Al_2O_3 とクマリン6とを含む第13の層775を形成した。ここで、 Al_2O_3 とクマリン6との重量比は1対0.003(= Al_2O_3 :クマリン6)となるように調節した。これによって、クマリン6は Al_2O_3 の中に分散された状態となる。また、膜厚は、40nmとなるようにした。

【0145】

次に、第13の層775の上に、 Al_2O_3 とリチウムとを、共蒸着法によって成膜し、 Al_2O_3 とリチウム(Li)とを含む第2の層776を形成した。ここで、 Al_2O_3 とリチウムとの重量比は1対0.01、モル比に換算すると1.5(= $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Li}$)となるように調節した。また、膜厚は30nmとなるようにした。

【0146】

次に、第2の層776の上に、NPBとモリブデン酸化物(VI)とを原料とし、共蒸着法によって、NPBとモリブデン酸化物とを含む第1の層777を形成した。NPBとモリブデン酸化物とのモル比(=NPB/モリブデン酸化物)は1.25となるようにした。ここで、発光素子(5)については、膜厚は0nmとなるようにした。つまり発光素子(5)については第1の層777は形成していない。また、発光素子(6)については、膜厚は100nmとなるようにした。また、発光素子(7)については、膜厚は120nmとなるようにした。また、発光素子(8)については、膜厚は140nmとなるようにした。また、発光素子(9)については、膜厚は160nmとなるようにした。また、発光素子(10)については、膜厚は180nmとなるようにした。また、発光素子(11)については、膜厚は200nmとなるようにした。

【0147】

次に、第1の層777の上に、アルミニウムを、真空蒸着法によって成膜し、第1の電極778を形成した。膜厚は、100nmとなるようにした。

【0148】

以上のようにして作製した発光素子において第1の電極778の電位よりも第2の電極772の電位の方が高くなるように電圧を印加して電流を流すと、第1の層777において発生した正孔は第1の電極778へ注入され、第2の層776において発生した電子は第13の層775へ注入され、第2の電極772から第11の層773へは正孔が注入される。そして、第2の電極772から注入された正孔と、第2の層776から注入された電子とは、第13の層775において再結合し、クマリン6が発光する。このように、第13の層775は発光層として機能する。なお、第11の層773は、正孔注入層として機能し、第12の層774は正孔輸送層として機能する。また、本実施例の発光素子では、第13の層775を形成している物質と第2の層776に含まれる電子輸送性物質とは、いずれも Al_2O_3 であり、電子親和力は同等である。

【0149】

本実施例の発光素子の電圧-輝度特性を図19に、電圧-電流特性を図20に、輝度-電流効率特性を図21に示す。図19において、横軸は電圧(V)、縦軸は輝度(cd/m²)を表す。また、図20において、横軸は電圧(V)、縦軸は電流(mA)を表す。図21において、横軸は輝度(cd/m²)、縦軸は電流効率(cd/A)を表す。図19、20、21において、●印は発光素子(5)、▲印は発光素子(6)、△印は発光素子(7)、■印は発光素子(8)、□印は発光素子(9)、◇印は発光素子(10)、○印は発光素子(11)の特性を表す。

【0150】

図20より、任意の電圧を印加したときに流れる電流の大きさは、正孔を発生する機能を有する第1の層777の膜厚を変えても、殆ど変化しないことが分かる。一方、図19より、任意の電圧を印加したときの輝度の大きさは、第1の層777の膜厚によって大きく異なることが分かる。

【0151】

また、図22は、第13の層775から第1の電極778までの距離(nm)に対し、電流効率(cd/A)をプロット(●印)した図である。曲線は、発光効率の変化を表す

近似曲線である。なお、電流効率は、 $1000 \text{ cd}/\text{m}^2$ の輝度で発光させたときの値である。図22において、横軸は距離(nm)、縦軸は電流効率(cd/A)を表す。図22より、電流効率は、第13の層775から第1の電極778までの距離(第13の層775と第2の層776と第1の層777のそれぞれの膜厚の和)に依存して変化し、第13の層775から第1の電極778までの距離が200nmを超えると徐々に増加することが分かる。これは、発光領域と第1の電極との光学距離(即ち、屈折率×距離)が、発光波長の $(2\text{ m}-1)/4$ 倍(すなわち $1/4, 3/4, 5/4 \dots$ 倍)の時には発光の外部取り出し効率が高くなり、 $m/2$ 倍(即ち $1/2, 1, 3/2 \dots$ 倍)の時には発光の外部取り出し効率が低くなる干渉効果のためと考えられる。このように、本実施例では、第1の層777の膜厚を160nmよりも大きくすることで、効率よく発光を外部に取り出せると共に、電極間の短絡を防ぐことができ、また、膜厚の増加による抵抗値の増加が殆どみられない発光素子を得ることができた。

【0152】

また、発光素子(5)、発光素子(7)、発光素子(11)について、採光面を見る角度に依存した発光スペクトルの変化を調べた結果を図23(A)、(B)、(C)に示す。図23(A)、(B)、(C)において、横軸は波長(nm)、縦軸は発光強度(任意単位)を表す。

【0153】

測定は、採光面を観察する角度、つまり、採光面の法線と測定面の法線とのなす角度を0~70度の範囲で10度毎に変えて発光スペクトルを測定することによって行った。

【0154】

図23(A)は発光素子(5)の発光スペクトルの変化を調べた結果であり、図23(B)は発光素子(7)の発光スペクトルの変化を調べた結果であり、図23(C)は発光素子(11)の発光スペクトルの変化を調べた結果である。

【0155】

図23(B)において、発光スペクトルは、角度が30度よりも小さいときは約507nmにおいて発光強度の最大値を有するのに対し、角度が40度よりも大きいときに約555nmにおいて発光強度の最大値を有するように、角度に依存して変化している。このように、発光素子(7)は、角度が変わると共に発光スペクトルの形状も大きく変化し、採光面を見る角度に依存した発光スペクトルの変化が大きいことが分かる。一方、図23(A)、(C)では、角度が大きくなるに伴って発光強度は小さくなるものの、発光強度の最大値を示す波長は変わらない。このように、発光素子(5)、発光素子(11)については、角度の変化に伴った発光スペクトルの形状の変化が少なく、採光面を見る角度に依存した発光スペクトルの変化が少ないことが分かる。

【実施例4】

【0156】

本実施例では、リチウム酸化物を用いて作製した二つの本発明の発光素子、発光素子(12)、発光素子(13)の作製方法と、それらの素子の特性について図25~28を用いて説明する。

【0157】

基板551上に、シリコンを含有したインジウム錫酸化物を、スパッタリング法によって成膜し、第2の電極552を形成した。ここで、膜厚は110nmとなるようにした。なお、基板551はガラスから成るものを用いた。

【0158】

次に、第2の電極552の上に、モリブデン酸化物(VI)とNPBとを原料とし、共蒸着法によって、モリブデン酸化物とNPBとを含む第11の層553を形成した。ここで、第11の層553におけるモリブデン酸化物とTPAQNとの重量比は、1対4(=モリブデン酸化物:NPB)となるように調節した。ここで、膜厚は、それぞれの発光素子につき、50nmとなるようにした。なお、共蒸着法とは、真空蒸着法のひとつであり、ひとつの処理室内に設けられた複数の蒸発源から同時に蒸着を行う蒸着法である。

【0159】

次に、第11の層553上に、NPBを、真空蒸着法によって成膜し、NPBから成る第12の層554を形成した。ここで、膜厚は10nmとなるようにした。

【0160】

次に第12の層554の上に、Al_q₃とクマリン6とを、共蒸着法によって成膜し、トリス(8-キノリノラート)アルミニウム(略称: Al_q₃)とクマリン6とを含む第13の層555を形成した。ここで、Al_q₃とクマリン6との重量比は1対0.01となるように調節した。これによって、クマリン6はAl_q₃の中に分散された状態となる。また、膜厚は、40nmとなるようにした。

【0161】

次に第13の層555の上に、Al_q₃を、真空蒸着法によって成膜し、Al_q₃から成る第14の層556を形成した。ここで、膜厚は20nmと成るようにした。

【0162】

次に、第14の層556の上に、Al_q₃とリチウム酸化物(Li₂O)とを原料とし、共蒸着法によって、Al_q₃とリチウム酸化物とを含む第2の層557を形成した。ここで、発光素子(12)においては、Al_q₃とリチウム酸化物との重量比は1対0.01(=Al_q₃:リチウム酸化物)となるように調節した。また、発光素子(13)においては、Al_q₃とリチウム酸化物との重量比は1対0.05(=Al_q₃:リチウム酸化物)、モル比に換算すると1.3(=Al_q₃/リチウム酸化物)となるように調節した。また、膜厚は10nmとなるようにした。

【0163】

次に、第2の層557の上に、NPBとモリブデン酸化物(VI)とを原料とし、共蒸着法によって、NPBとモリブデン酸化物とを含む第1の層558を形成した。ここで、NPBとモリブデン酸化物とのモル比は1(=NPB4質/モリブデン酸化物1)、重量比では4:1(=NPB:モリブデン酸化物)となるように調節した。また、膜厚は、10nmとなるようにした。

【0164】

次に、第1の層558の上に、アルミニウムを、真空蒸着法によって成膜し、第1の電極559を形成した。膜厚は、100nmとなるようにした。

【0165】

以上のようにして作製した発光素子において、第1の電極559の電位よりも第2の電極552の電位が高くなるように電圧を印加して電流を流すと、第1の層558において発生した正孔は第1の電極559へ注入され、第2の層557において発生した電子は第14の層556へ注入され、第2の電極552から第11の層553へは正孔が注入される。そして、第2の電極552から注入された正孔と、第2の層557から注入された電子とは、第13の層555において再結合し、クマリン6が発光する。このように、第13の層555は発光層として機能する。なお、第11の層553は、正孔注入層として機能し、第12の層554は正孔輸送層として機能し、第14の層556は電子輸送層として機能する。また、本実施例の発光素子では、第14の層556を形成している物質と第2の層557に含まれる電子輸送性物質とは、いずれもAl_q₃であり、電子親和力は同等である。

【0166】

本実施例の発光素子の電圧-輝度特性を図26に、電流密度-輝度特性を図27に、電圧-電流特性を図28に示す。図26において、横軸は電圧(V)、縦軸は輝度(cd/m²)を表す。また、図27において、横軸は電流密度(mA/cm²)、縦軸は輝度(cd/m²)を表す。また、図28において、横軸は電圧(V)、縦軸は電流(mA)を表す。図26~28において、●印は発光素子(12)、○印は発光素子(13)の特性を表す。

【0167】

図26~28から、いずれの発光素子についても、良好に動作していることが分かる。

本実施例のようにリチウム酸化物を用いて第2の層557を用いても本発明の発光素子を作製できることが分かる。

【実施例5】

【0168】

本実施例では、芳香族アミン化合物と、その化合物に対し電子受容性を示す物質とを含む層が正孔を発生していることを確認した実験、及びその結果について説明する。

【0169】

本実施例では、芳香族アミン化合物のみを用いて作製した三つの試料、試料1、試料2、試料3と、芳香族アミン化合物と、芳香族アミン化合物に対し電子受容性を示す物質とを用いて作製した三つの試料、試料4、試料5、試料6と、芳香族アミン化合物に対し電子受容性を示す物質のみを用いて作製した試料7との合計7つの試料を用意した。

【0170】

試料1～試料3は、ガラス基板上に、芳香族アミン化合物を含む層を、真空蒸着法を用いて、50nmの厚さとなるように形成することによって作製した。また、試料4～試料6は、ガラス基板上に、芳香族アミン化合物と、芳香族アミン化合物に対して電子受容性を示す物質とを含む層を、共蒸着法を用いて、50nmの厚さとなるように形成することによって作製した。試料4～試料6において、芳香族アミン化合物と、芳香族アミン化合物に対し電子受容性を示す物質とのモル比は、芳香族アミン化合物：芳香族アミン化合物に対し電子受容性を示す物質=1:1となるようにした。試料7は、ガラス基板上に、芳香族アミン化合物に対して電子受容性を示す物質を含む層を、真空蒸着法を用いて、50nmの厚さとなるように形成することによって作製した。

【0171】

各試料に含まれる、芳香族アミン化合物(A)、芳香族アミン化合物に対し電子受容性を示す物質(B)とを表1に示す。

【0172】

【表01】

試料	A	B
1	NPB	—
2	m-MTDAB	—
3	TPAQN	—
4	NPB	モリブデン酸化物
5	m-MTDAB	モリブデン酸化物
6	TPAQN	モリブデン酸化物
7	—	モリブデン酸化物

【0173】

試料1～試料7のそれぞれに対し、300nmから800nm迄波長を変えながら光を照射し、それぞれの波長において各試料に設けられた層を透過する光の透過率(%)を調べた。これによって得られた透過スペクトルを図29(A)～(C)に示す。

【0174】

図29(A)～(C)において、横軸は照射した光の波長(nm)、縦軸は透過率(%)を表す。図29(A)は試料1、試料4、試料7についての透過スペクトルを示した図であり、図29(B)は試料2、試料5、試料7についての透過スペクトルを示した図であり、図29(C)は試料3、試料6、試料7についての透過スペクトルを示した図である。図29(A)～(C)から、試料4～試料6の透過スペクトルと、試料1～試料3及び試料7の透過スペクトルとを比較すると、400nm～600nmの波長域において、試料4～試料6では透過率が下がった後再び上がるような傾向を示すのに対し(破線で囲んだ部分)、試料1～試料3及び試料7では透過率が下がる若しくは上がるのみで、極大値を有しないことが分かる。この結果は、試料4～試料6では、芳香族アミン化合物と、

その化合物に対し電子受容性を示す物質との間で電子の授受が行われていることを表す。従って、芳香族アミン化合物に対し電子受容性を示す物質は芳香族アミン化合物から電子を受け取り、芳香族アミン化合物は正に帶電している、つまり試料4～試料6には正孔が発生していると考えられる。

【図面の簡単な説明】

【0175】

- 【図1】本発明の発光素子の積層構造の一態様を表した図。
- 【図2】本発明の発光素子の積層構造の一態様を表した図。
- 【図3】本発明を適用した発光装置の一態様について説明する図。
- 【図4】本発明を適用した発光装置に含まれる回路の一態様について説明する図。
- 【図5】本発明を適用した発光装置の上面図。
- 【図6】本発明を適用した発光装置のフレーム動作の一態様について説明する図。
- 【図7】本発明を適用した発光装置の断面図。
- 【図8】本発明を適用した電子機器の図。
- 【図9】本発明の発光素子の電圧一輝度特性の図。
- 【図10】本発明の発光素子の電流密度一輝度特性の図。
- 【図11】本発明の発光素子の電圧一電流特性の図。
- 【図12】本発明の発光素子について経時変化に伴った電圧の変化を測定した結果の図。
- 【図13】本発明の発光素子について経時変化に伴った輝度の変化を測定した結果の図。
- 【図14】本発明の発光素子の積層構造を表した図。
- 【図15】比較例の発光素子の積層構造を表した図。
- 【図16】本発明の発光素子及び比較例の発光素子の電圧一輝度特性の図。
- 【図17】本発明の発光素子及び比較例の発光素子の電圧一電流特性の図。
- 【図18】本発明の発光素子の積層構造を表した図。
- 【図19】本発明の発光素子の電圧一輝度特性の図。
- 【図20】本発明の発光素子の電流一電圧特性の図。
- 【図21】本発明の発光素子の輝度一電流効率特性の図。
- 【図22】第13の層775から第1の電極778までの距離(nm)に対する電流効率(cd/A)の変化について調べた図。
- 【図23】採光面を観察する角度に依存した発光スペクトルの形状の変化について調べた図。
- 【図24】本発明の発光素子の積層構造の一態様を表した図。
- 【図25】本発明の発光素子の積層構造を表した図。
- 【図26】本発明の発光素子の電圧一輝度特性の図。
- 【図27】本発明の発光素子の電流密度一輝度特性の図。
- 【図28】本発明の発光素子の輝度一電流特性の図。
- 【図29】試料1～試料7の透過スペクトルを表す図。
- 【図30】本発明を適用した発光装置の斜視図。

【符号の説明】

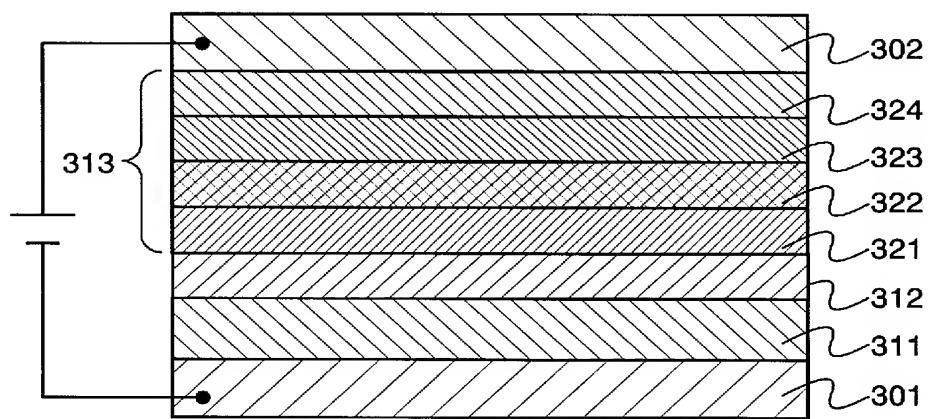
【0176】

- 301 第1の電極
- 302 第2の電極
- 311 第1の層
- 312 第2の層
- 313 第3の層
- 321 電子輸送層
- 322 発光層
- 323 正孔輸送層

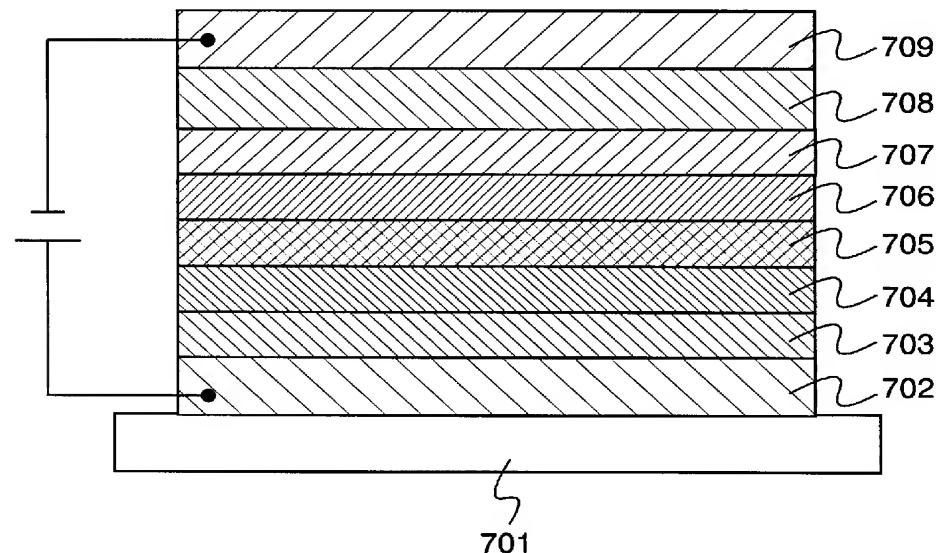
3 2 4	正孔注入層
2 0 1	第 1 の電極
2 0 2	第 2 の電極
2 1 1	第 1 の層
2 1 2	第 2 の層
2 1 3	第 3 の層
2 2 2	発光層
2 2 1	電子輸送層
2 2 3	正孔輸送層
2 2 4	正孔注入層

【書類名】 図面

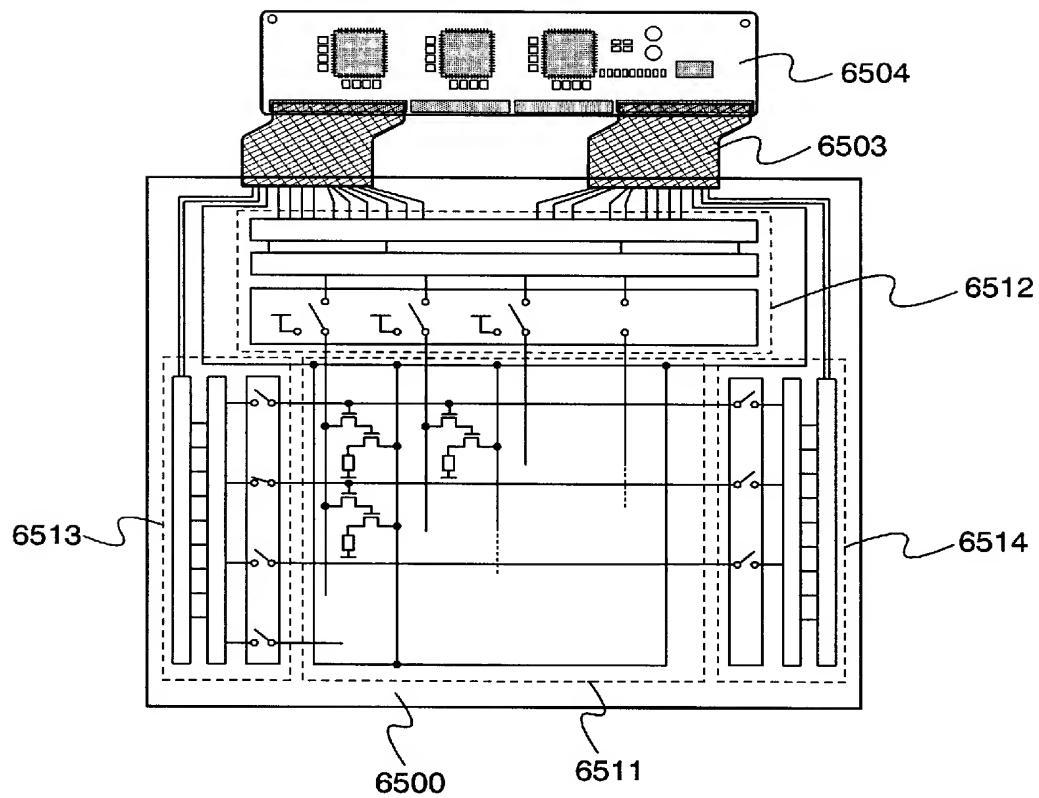
【図 1】



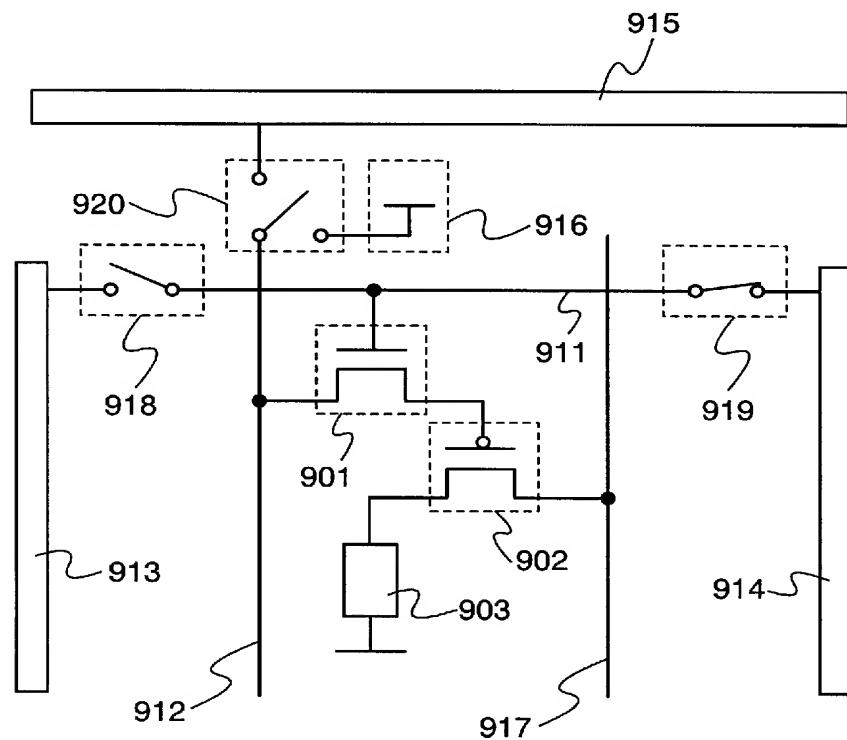
【図 2】



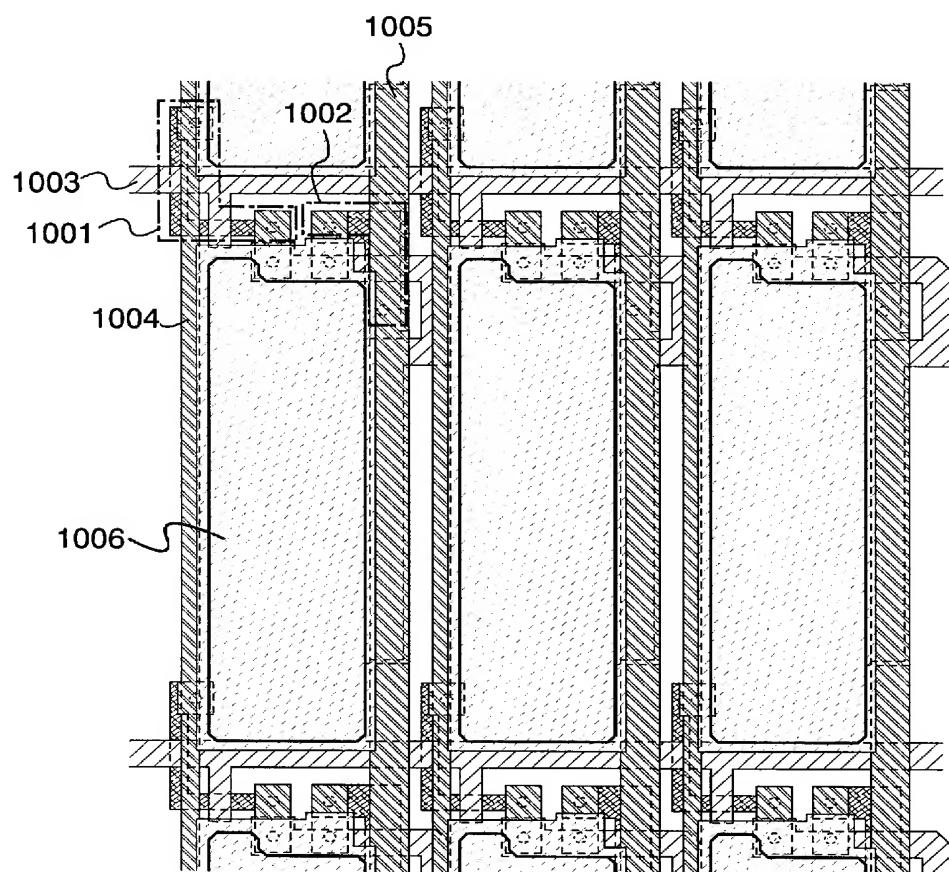
【図 3】



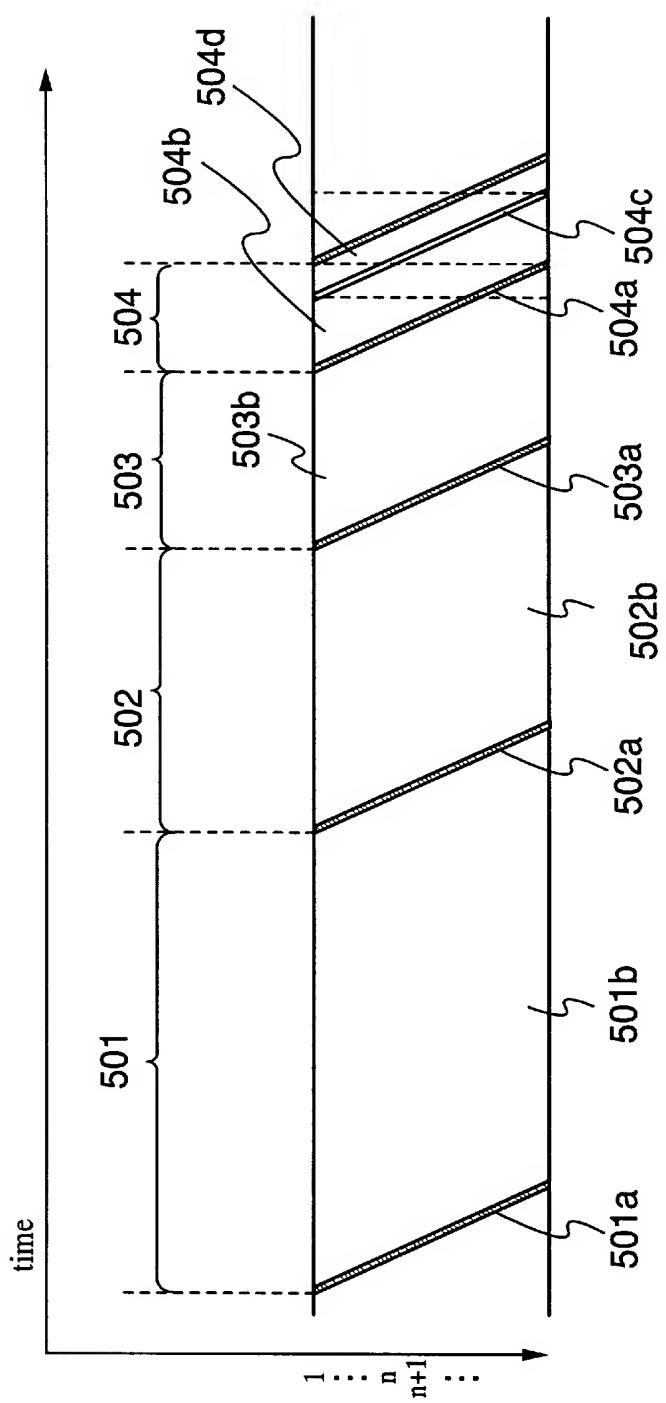
【図 4】



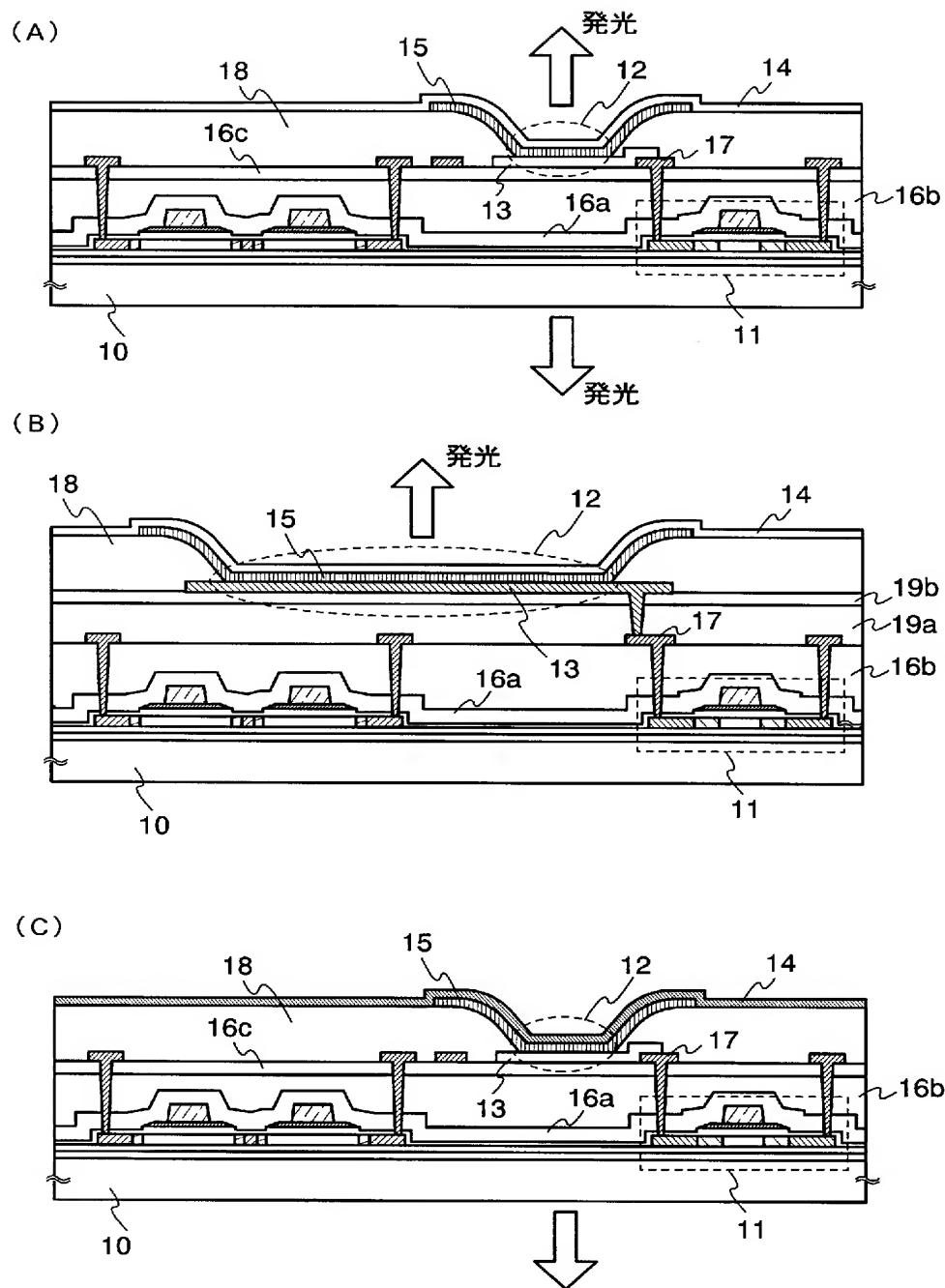
【図 5】



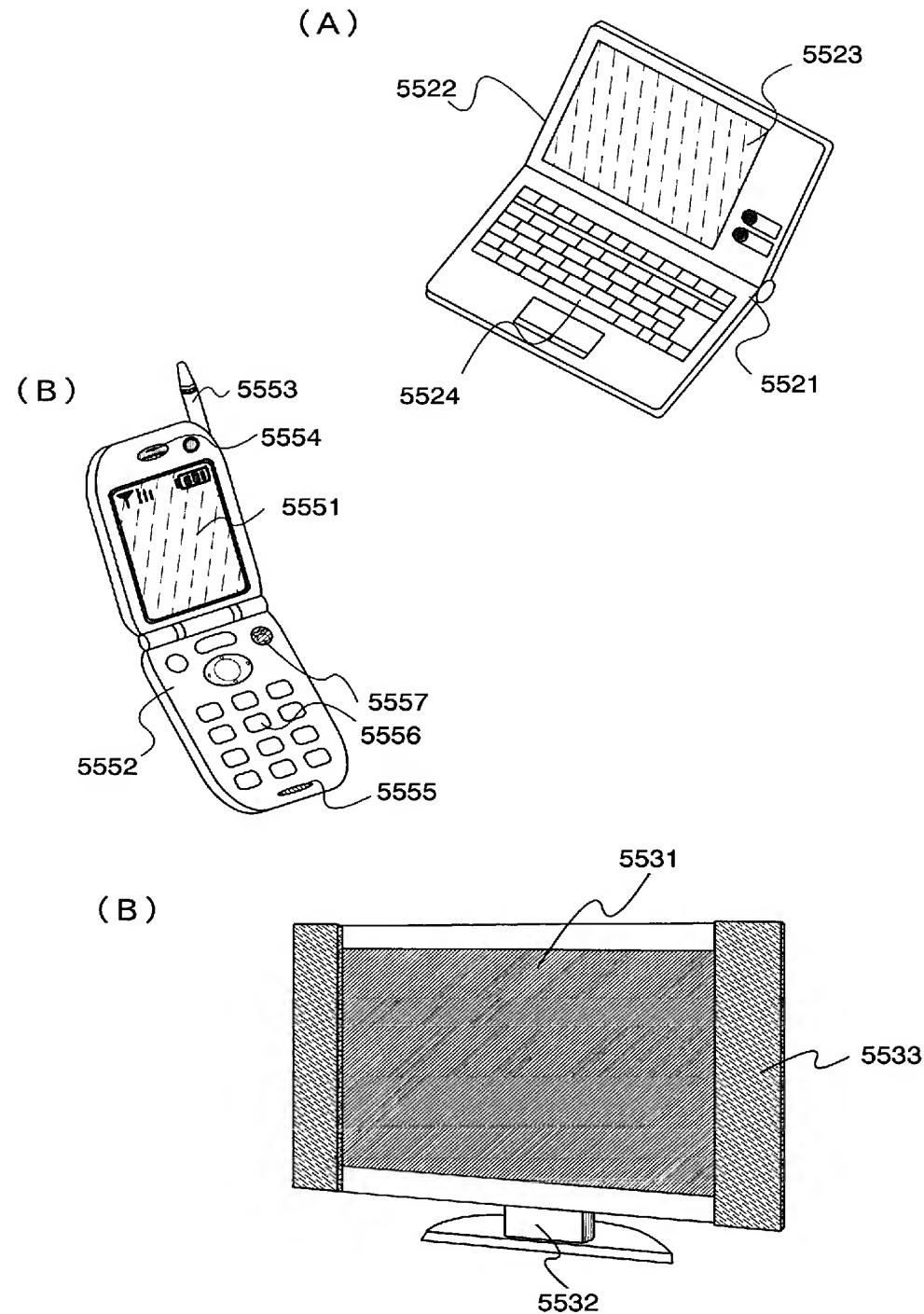
【図 6】



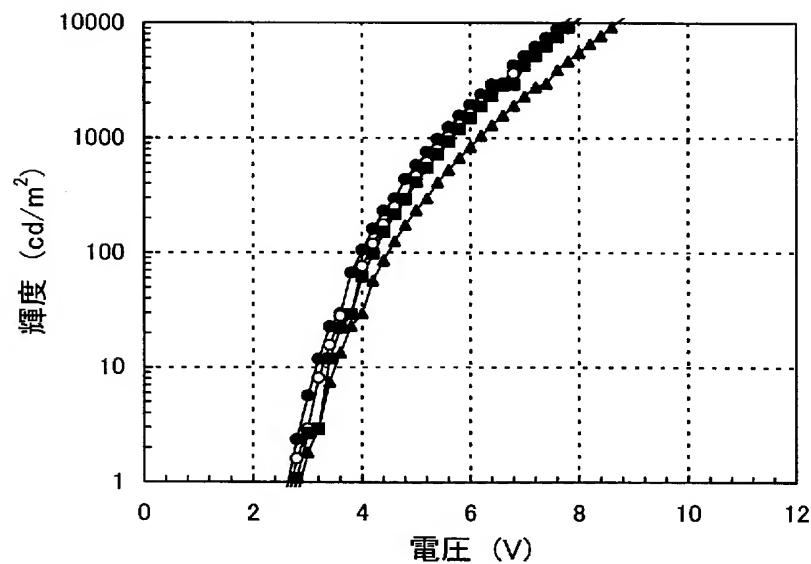
【図7】



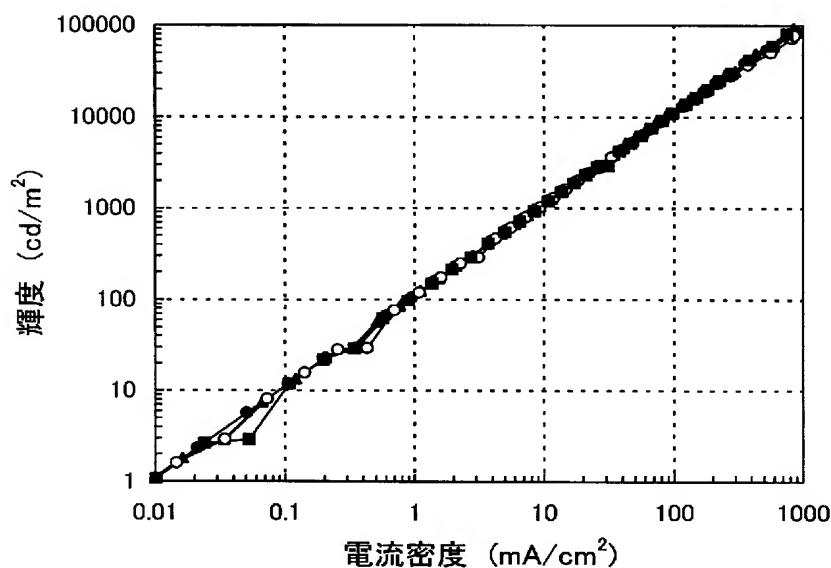
【図 8】



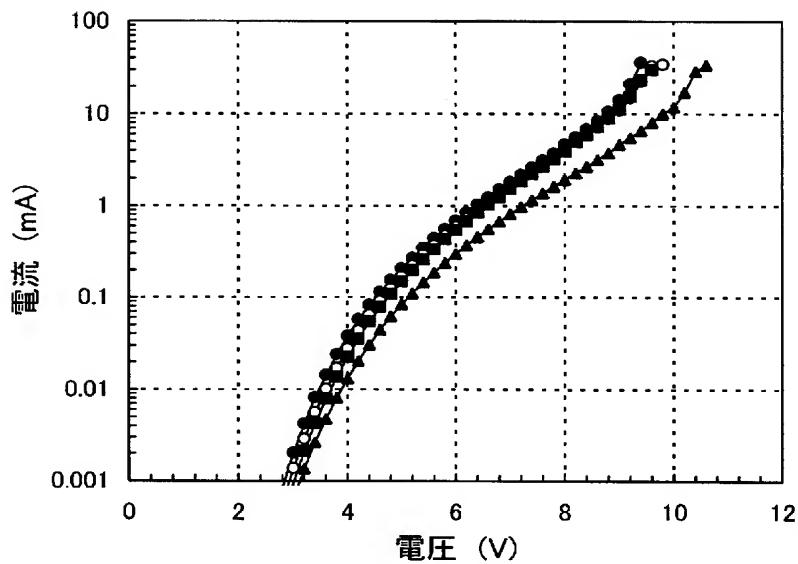
【図 9】



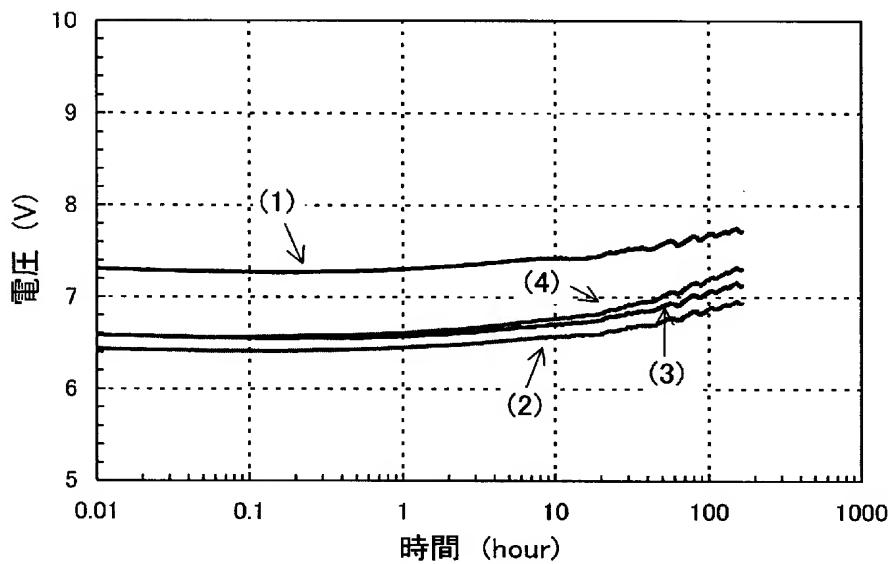
【図 10】



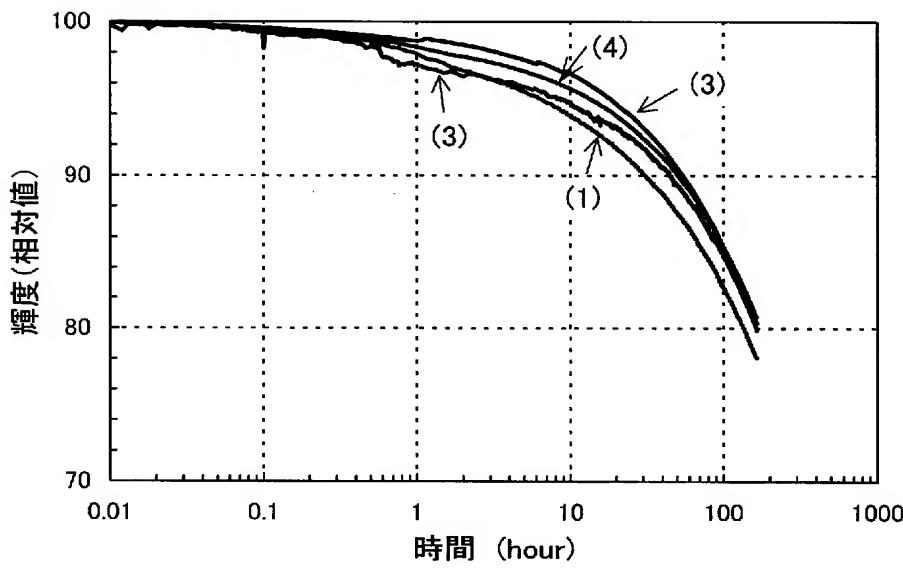
【図 1-1】



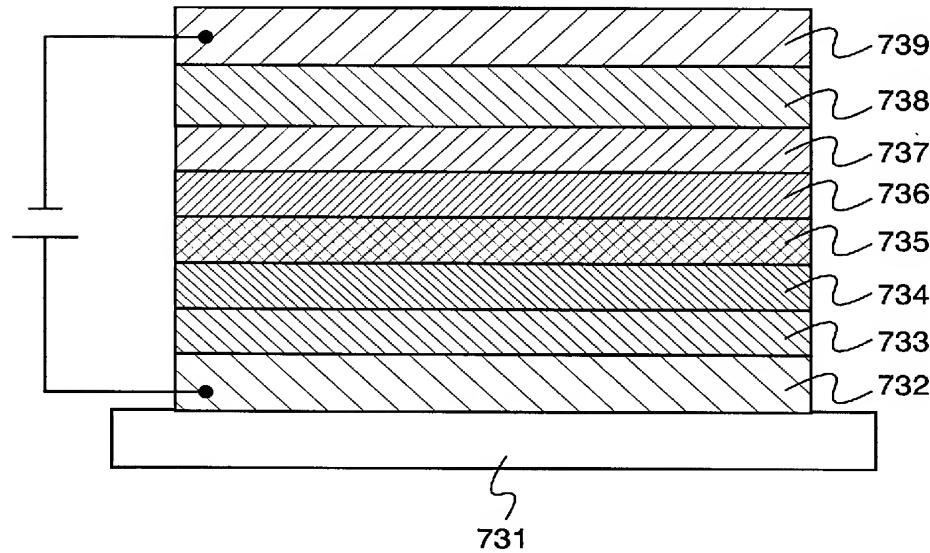
【図 1-2】



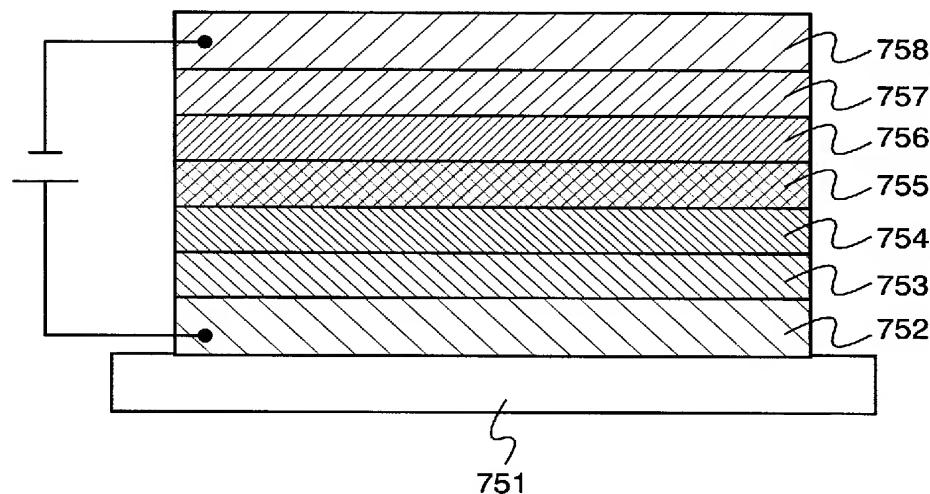
【図 1 3】



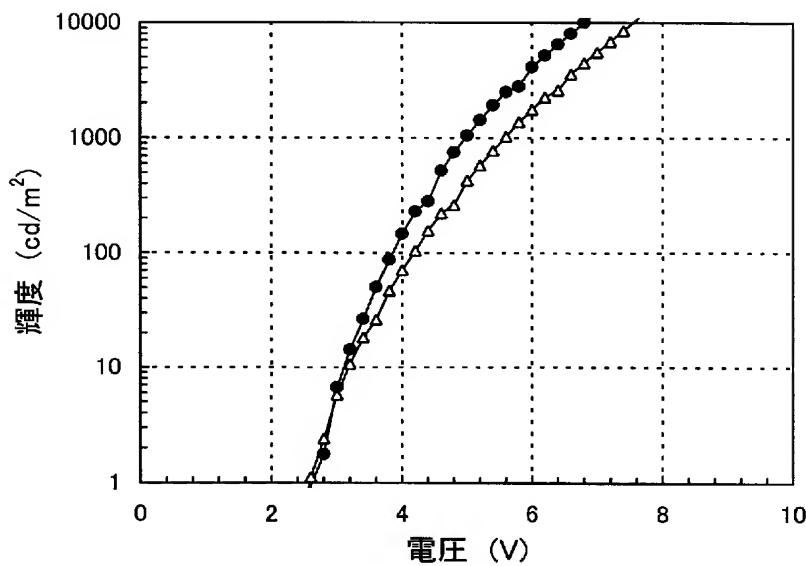
【図 1 4】



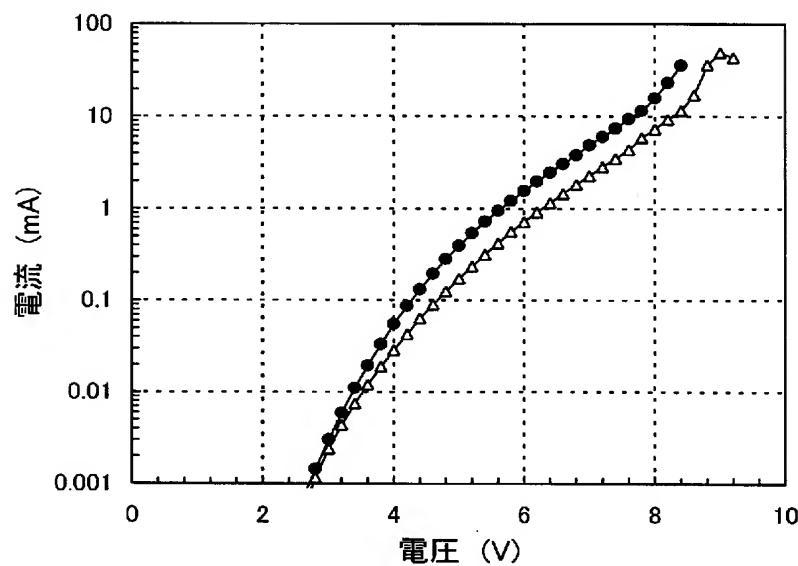
【図 1 5】



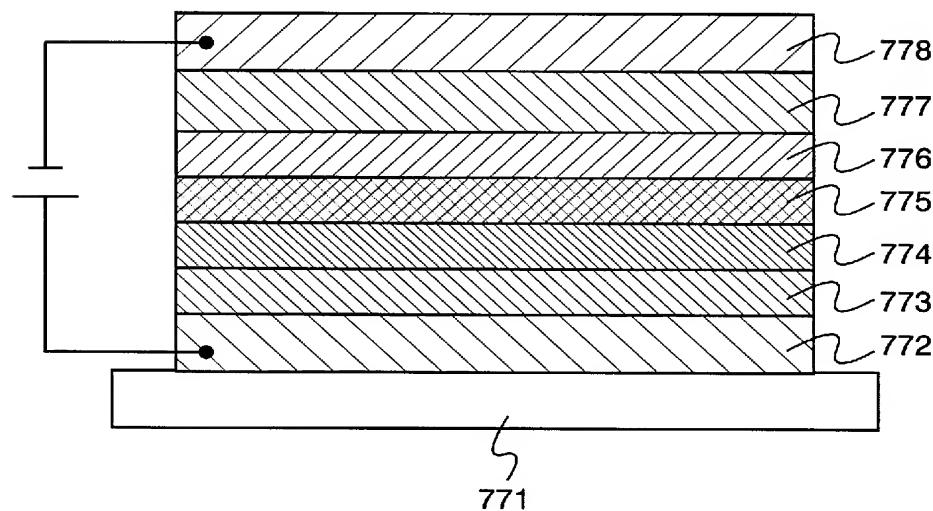
【図 1 6】



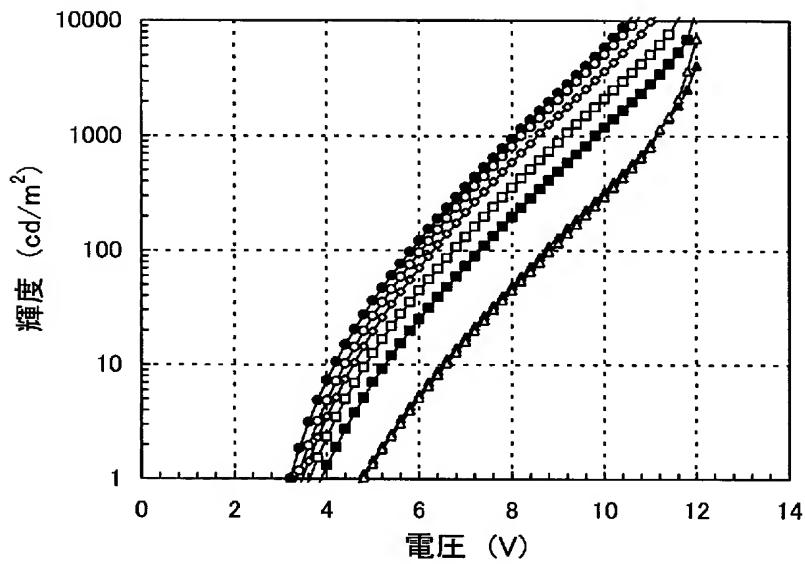
【図 1 7】



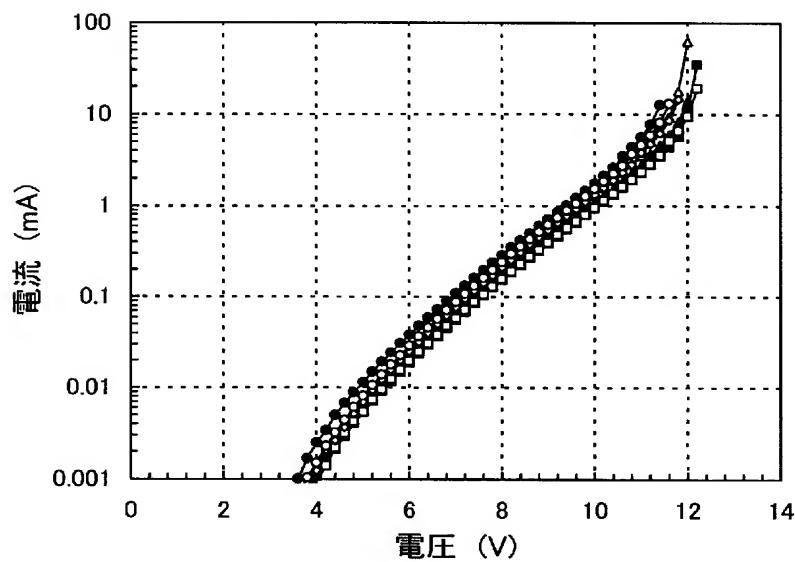
【図 1 8】



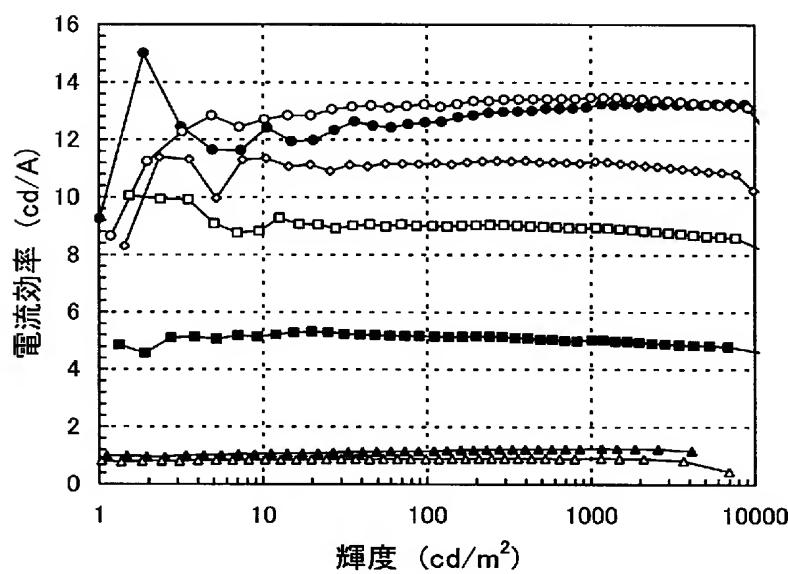
【図 19】



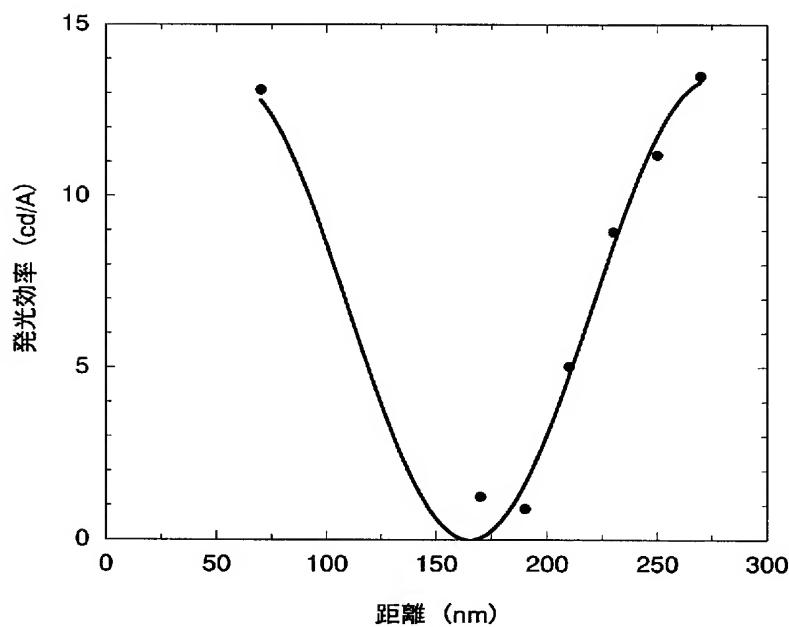
【図 20】



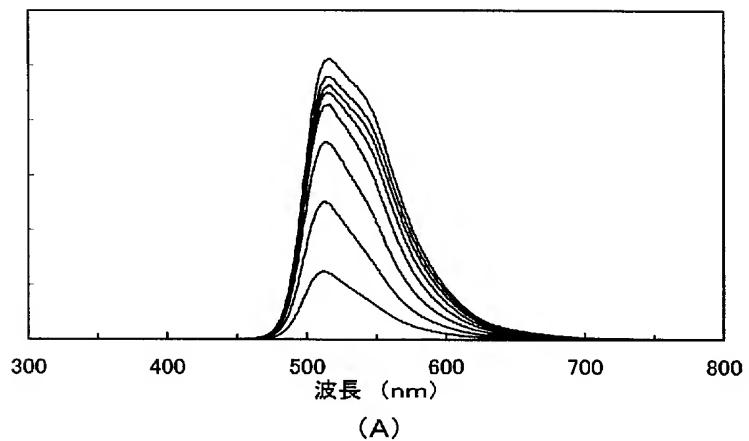
【図 2 1】



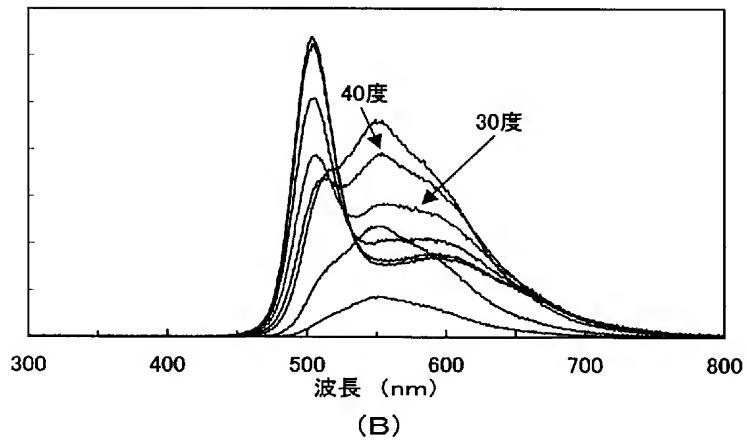
【図 2 2】



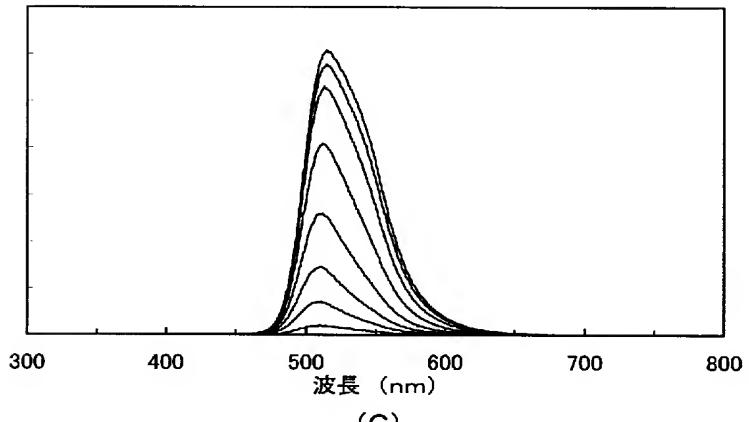
【図 23】



(A)

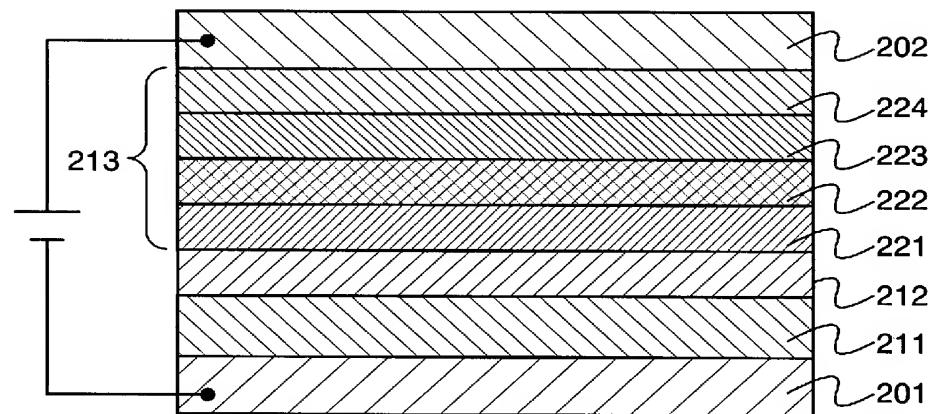


(B)

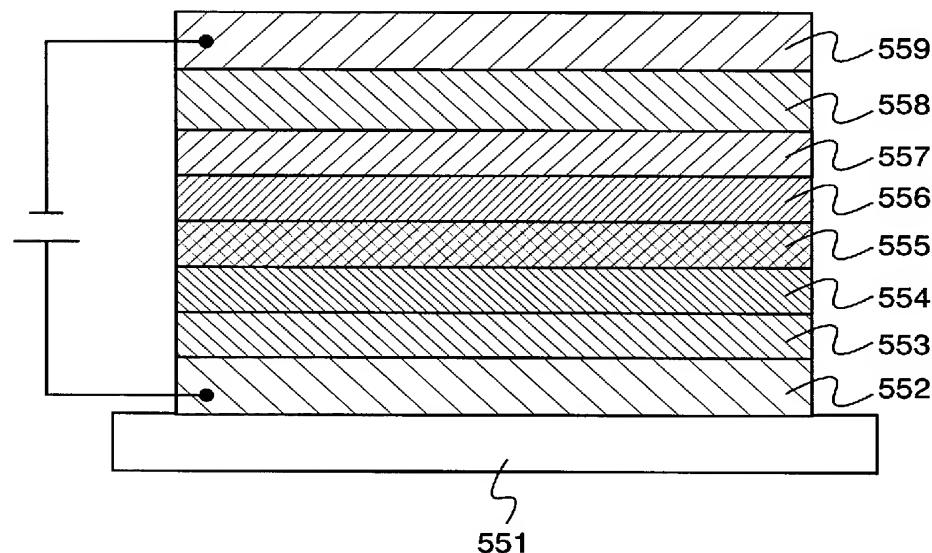


(C)

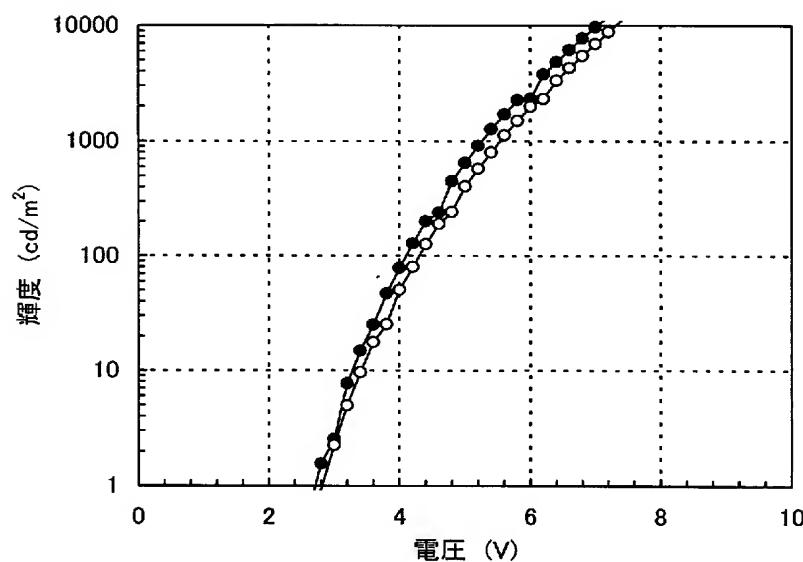
【図 2 4】



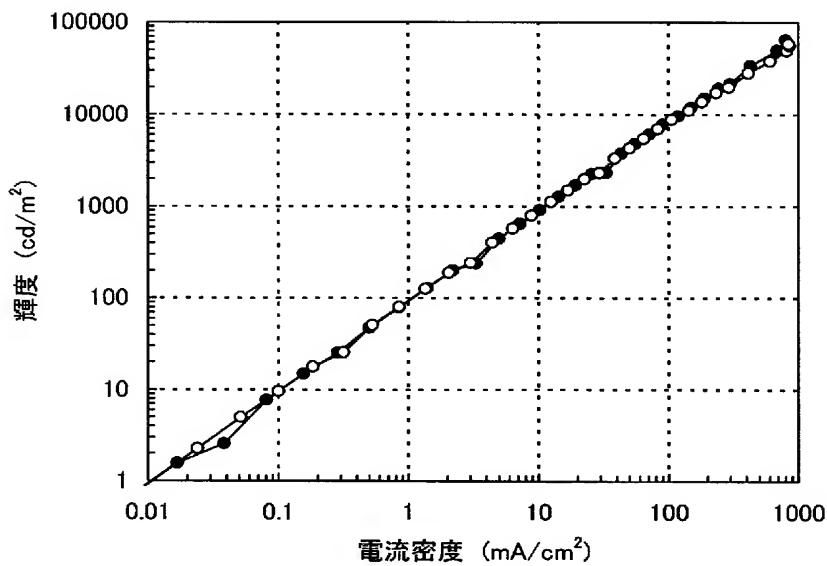
【図 2 5】



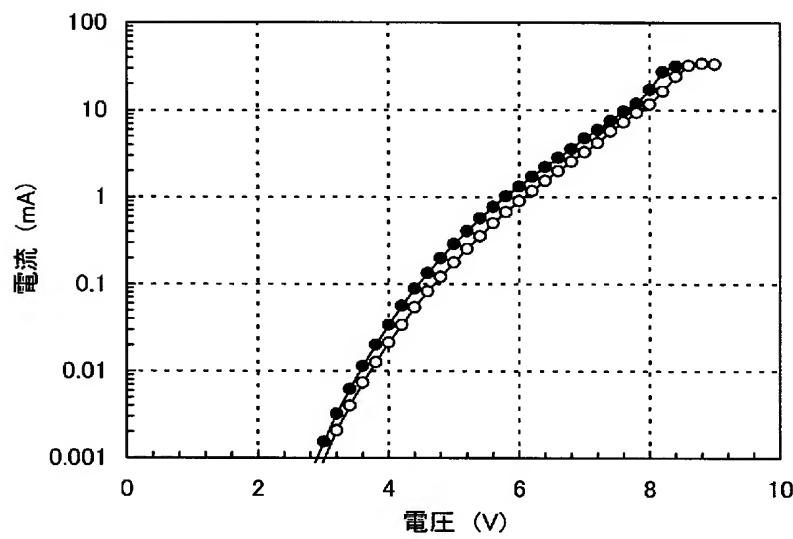
【図 2 6】



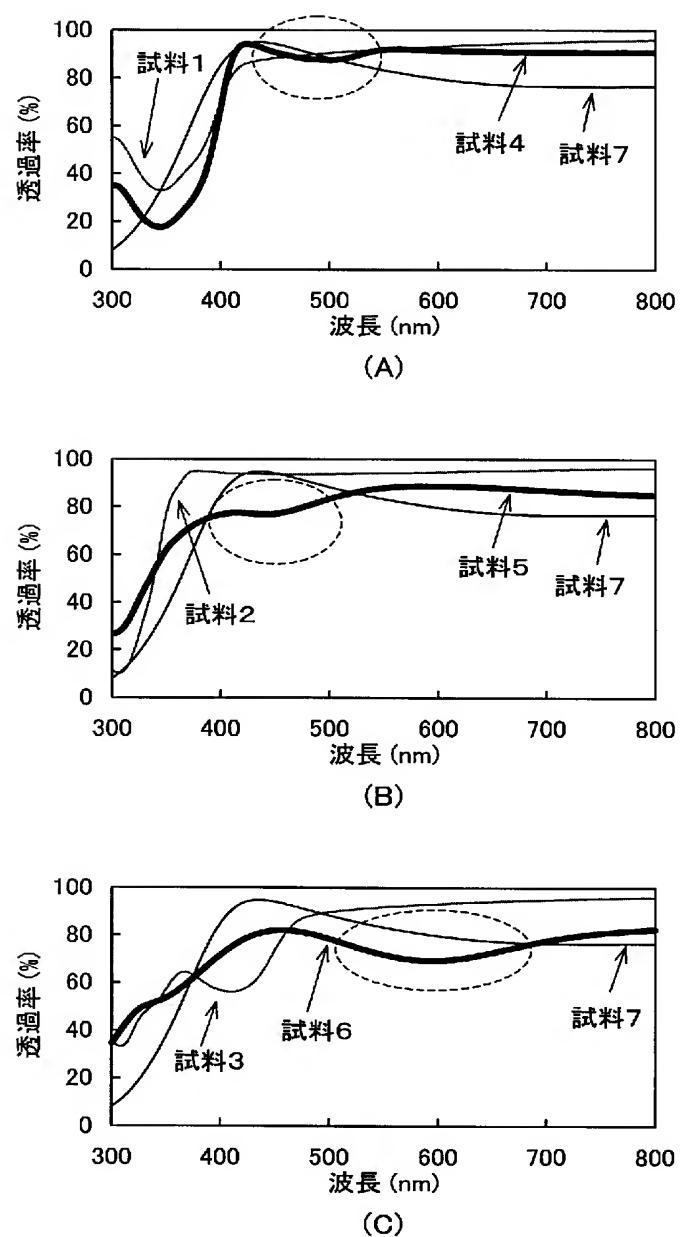
【図 27】



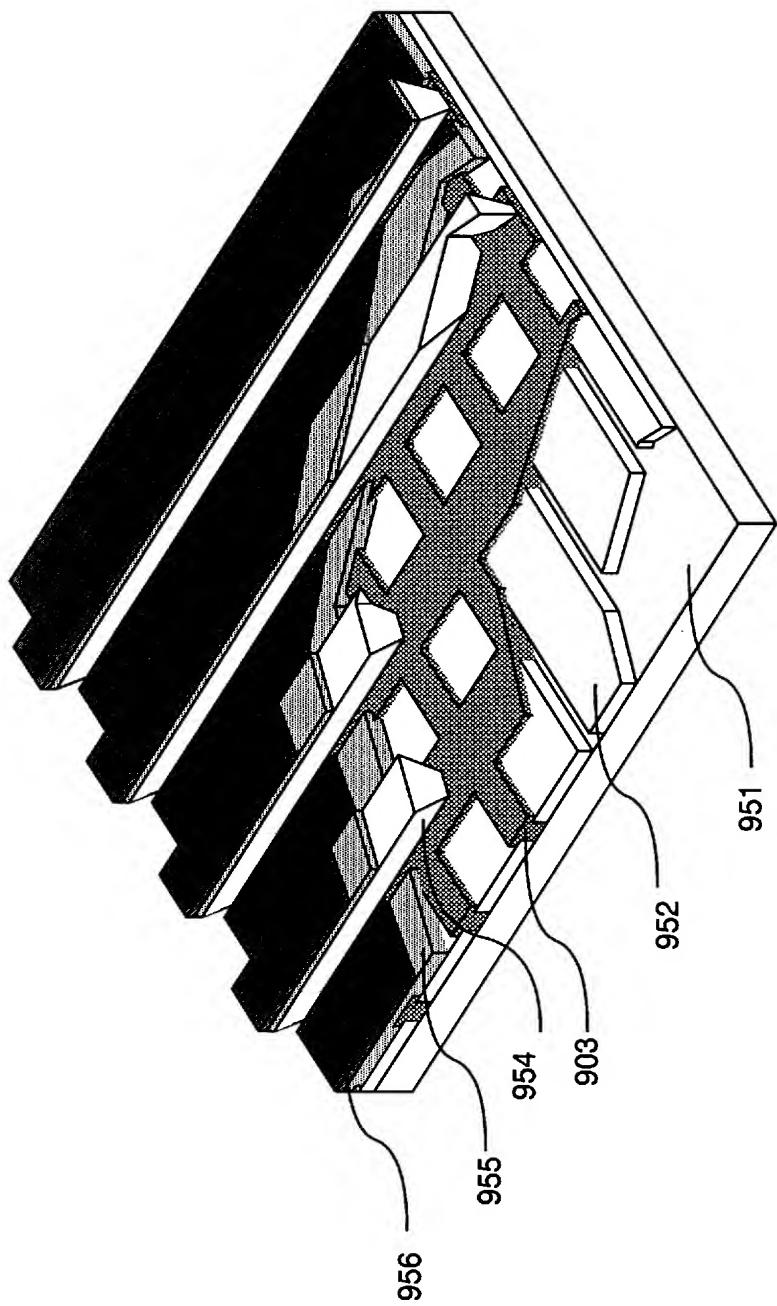
【図 28】



【図 2 9】



【図 3 0】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】本発明は、発光時間の蓄積に伴った駆動電圧の増加の少ない発光素子を提供することを課題とする。また、本発明は、膜厚の増加に伴った抵抗値の増加の少ない発光素子を提供することを課題とする。

【解決手段】本発明の発光素子の一は、対向するよう設けられた第1の電極と第2の電極との間に、第1の層と、第2の層と、第3の層とを有する。第1の層は第2の層よりも第1の電極側に設けられ、第3の層は第2の層よりも第2の電極側に設けられている。第1の層は芳香族アミン化合物と、その化合物に対して電子受容性を示す物質とを含む層である。また、第2の層は正孔よりも電子の輸送性が高い物質と、その物質に対して電子供与性を示す物質とを含む層である。

【選択図】図1

出願人履歴

000153878

19900817

新規登録

神奈川県厚木市長谷398番地
株式会社半導体エネルギー研究所